This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

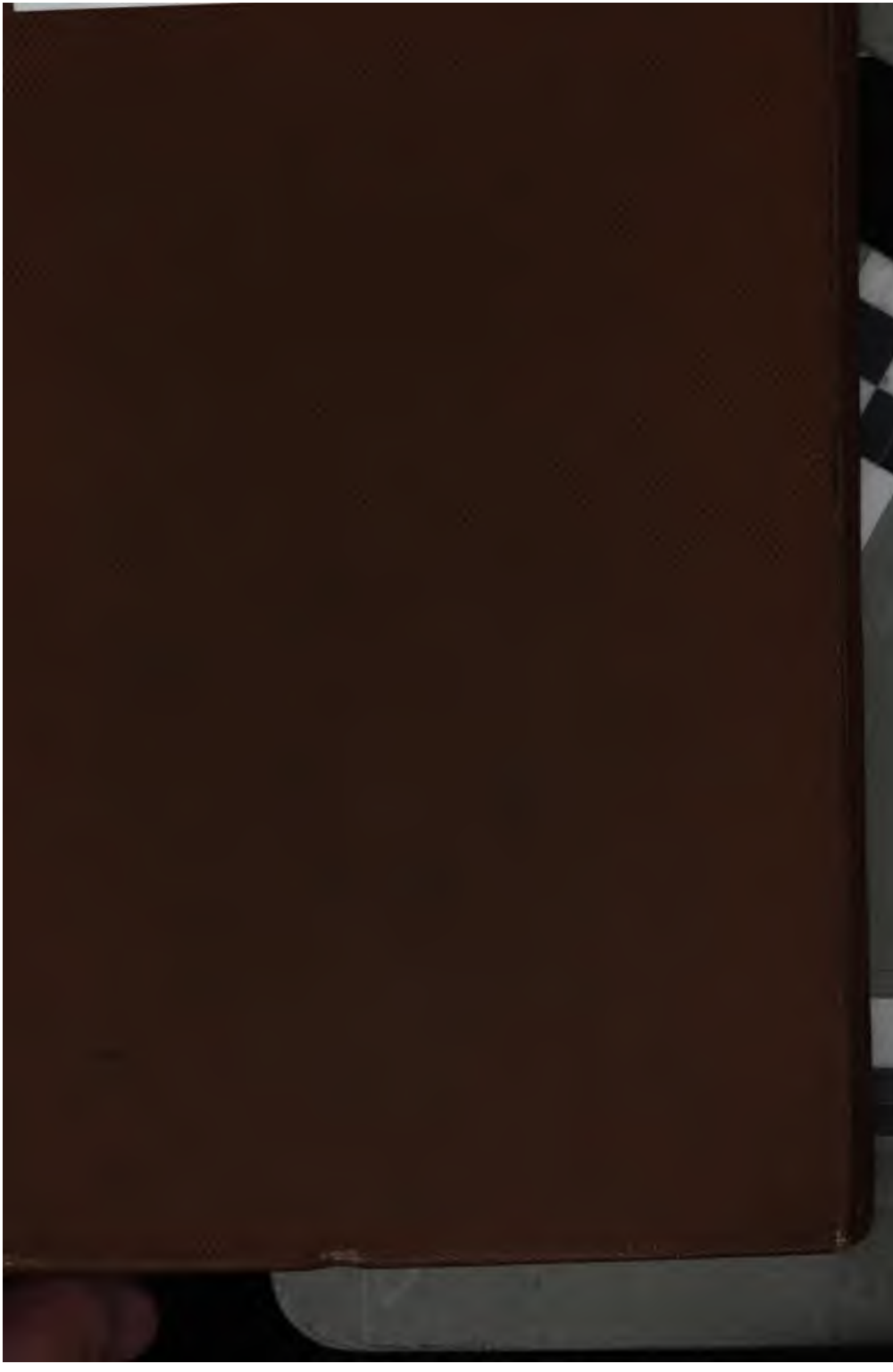
+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

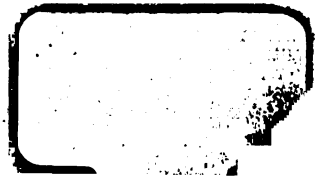
+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.





VFC
(92.7

Die Mechanik

in ihrer Anwendung

auf

Künste und Gewerbe.

Gemeinverſtändlich dargeſtellt

von

Andreas Von Baumgartner,

Doctor der Philoſophie, ordentlichem öffentlichem Profeſſor der Phyſik und angewandten Mathematik, außerordentlichem Profeſſor der populären Mechanik für Handwerker und Künſtler an der Wiener Univerſität, correſpondirendem Mitgliede der Geſellſchaft des Ackerbaues, der Natur- und Landeskunde in Brünn.

ASTOR LIBRARY

Mit acht Kupfertafeln.

Wien, 1823.

Im Verlage von J. G. Heubner.

NEW YORK
PUBLIC
LIBRARY

Seiner Wohlgeboren

dem

Herrn

Franz Wilde,

Doctor der Philosophie und der freien Künste, k. k. Vicedirector der philosophischen Studien an der Universität in Wien,

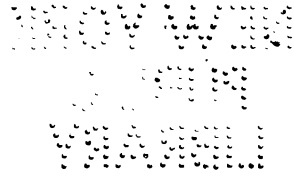
als ein Zeichen

der Hochachtung und Verehrung

gewidmet

vom Verfasser.

NEW YORK PUBLIC LIBRARY



Vorrede.

Gegenwärtige Schrift ist bestimmt, gemeinnützige Kenntnisse aus dem Gebiete der Mechanik unter derjenigen Classe zu verbreiten, die wegen Mangel einer gründlichen mathematischen Bildung, streng wissenschaftliche Werke über diesen Zweig des Wissens nicht gebrauchen kann, oder der andere Geschäfte nicht erlauben, aus einer ganzen Büchersammlung das für sie brauchbare herauszusuchen. Ich hatte bei meiner Arbeit keinen bestimmten Stand, kein besonderes Gewerbe und keine besondere Kunst, sondern nur die Brauchbarkeit für das bürgerliche Leben überhaupt im Auge; deßhalb werden hoffentlich Leser von der verschiedenartigsten Be-

schäftigung etwas für sich anwendbares finden; wenigstens habe ich keine Mühe gescheuet, practische Vortheile bei mancherlei Gewerben und Künsten kennen zu lernen, sie nebst einer Reihe von alltäglichen nützlichen Erscheinungen auf Grundsätze zurück zu führen, und das, was practische Schriftsteller, von denen ich vorzüglich Eytelwein, Wiebeking, Borgnis und Christian nennen muß, für das bürgerliche Leben, für Künste und Gewerbe brauchbares lieferten, so darzustellen, daß es auch solche verstehen können, die nicht mehr aus der Mathematik wissen, als was in unseren deutschen Schulen gelehrt wird, und was ich am Ende des Buches aus der Arithmetik und Geometrie beibringe. Wie schwierig ein solches Unternehmen ist, wird jeder wissen, der je etwas populär darzustellen versuchte; ich lernte die Schwierigkeiten, bevor ich zur Abfassung dieses Buches schritt, aus meinen Vorlesungen kennen, die ich am Olmützer Lyceum über populäre Mechanik für Handwerker und Künstler durch vier Jahre abhielt. Wie weit ich sie überwunden habe, das mögen Kenner beurtheilen, ich kann nur versichern, daß ich vorzüglich jene Klippen zu meiden suchte, an denen populäre Werke so leicht scheitern, daß es nur wenige gibt, die sich auf dem Strome der

Zeit einige Jahre flott erhielten. Man vermischt nämlich nur gar zu leicht eine gemeinverständliche Darstellung von Wahrheiten mit der Darstellung gemeinverständlicher Wahrheiten, d. i. solcher, die jeder versteht, der einen gesunden Verstand hat, wenn man sie nur nicht in einen Nimbus hochtrabender Worte einzuhüllen sucht. Bei der Bearbeitung eines populären Werkes über Mechanik findet man zu einer solchen Verwechslung viele Gelegenheit; wer sich irre führen läßt, dessen Arbeit hat offenbar nicht das Verdienst genützt, sondern nur das negative, nicht geschadet zu haben. Viele Sätze der Mechanik sind wohl von der Art, daß sie sich ohne mathematische Kenntnisse nur historisch darstellen lassen, bei diesen begnügte ich mich auch mit einer solchen Darstellung, und der Leser, dem dieses zu wenig ist, muß in streng wissenschaftlichen Werken weitere Aufklärung suchen; wo es aber möglich war, den Leser ohne Rechnung, aus der bloßen Natur der Sache eine richtige Vorstellung von der Begründung einer Wahrheit und von ihrem Zusammenhange mit anderen beizubringen, da habe ich es nicht zu thun unterlassen.

Zu mathematischen Deductionen habe ich nie meine Zuflucht genommen, wenn sie nicht beispielweise,

mithin in besonderen Zahlen abgethan werden konnten, weil ich glaube, daß derjenige, welcher algebraische Rechnungen versteht, und den Drang fühlt, sich aus dem Gebiete der Mechanik Kenntnisse zu erwerben, die Anstrengung nicht scheuen wird, seine Kenntnisse dahin zu erweitern, daß er streng wissenschaftliche und tief begründete Werke über Mechanik lesen kann.

Die Ordnung, welche ich gewählt habe, schien mir die zweckmäßigste; denn wer zu irgend einem Behufe einer mechanischen Vorrichtung bedarf, muß sich doch zuerst fragen, durch welche Kraft sie bewegt werden soll. Er muß also zuerst die bewegenden Kräfte kennen, und, um bei ihrer Anwendung zweckmäßig zu verfahren, auch wissen, nach welchen Gesetzen sie wirken. Deßhalb beginne ich mit der Betrachtung der bewegenden Kräfte und ihrer Gesetze, flechte überall Anwendungen ein, welche für den Leser auf der Stufe, wohin ich ihn geführt habe, verständlich sind, und welche die Fruchtbarkeit der vorgetragenen Gesetze beweisen sollen. Ist der Mechaniker über die Wahl der bewegenden Kraft einig, so handelt es sich um die Kenntniß derjenigen Kräfte, die den bewegenden entgegen wirken. Daher folgen auch auf die bewegenden die widerstehenden Kräfte. Es wirken

aber die bewegenden Kräfte nicht immer unmittelbar auf die Last, sondern man bedarf eigener Vorrichtungen, wodurch die Geschwindigkeit, Richtung und Beschaffenheit der Bewegung abgeändert wird. Dieses sind die Maschinen und andere Apparate zur Modification und Regulirung der Bewegungen, die in den Abschnitten 4 und 5 enthalten sind. Die Kenntniß des Materials, woraus eine Maschine verfertiget werden soll, und der allgemeinen Regeln, nach denen man bei der Anlage derselben zu verfahren hat, ist für den Practiker unerläßlich, und davon handelt der 6te und 7te Abschnitt.

Halten Kenner diese Anordnung und Darstellung für zweckmäßig, so bin ich versichert, keine überflüssige Arbeit unternommen zu haben; denn der Nutzen der practischen Mechanik für das bürgerliche Leben ist von jeher anerkannt worden, und er ist heut zu Tage größer als je, weil die Bedürfnisse der Menschen zur Bequemlichkeit und zum Vergnügen so zahlreich geworden sind, daß sie gewiß nicht befriediget werden könnten, wenn alle technischen, dahin zielenden Producte aus freier Hand erzeuget werden sollten; man bedarf dazu der mannigfaltigsten Maschinen. Der sie am besten einzurichten versteht, und dadurch in den Stand gesetzt wird,

seine Producte besser und um billigere Preise zu erzeugen, der trägt den Sieg davon, und macht andere von sich abhängig. Dazu gehören aber Kenntnisse der Mechanik; denn ohne diesen gibt es keinen verständigen Nachahmer, geschweige erst einen glücklichen Erfinder.

Wien im Juni 1823.

Der Verfasser.

Inhaltsanzeige.

Einleitung.

1. Begriff der Mechanik und ihre Eintheilung.
2. Woraus man eine Bewegung erkennt.
3. Raum, Zeit und Geschwindigkeit einer Bewegung.
4. Eintheilung der Bewegung nach ihrer Geschwindigkeit.
5. Begriff der Trägheit und Beweis, daß sie eine Eigenschaft der Körper sey.
6. Nothwendigkeit einer bewegenden Kraft, Eintheilung, Begriff des Gleichgewichtes.

I. Abschnitt.

Von bewegenden Kräften überhaupt.

1. Kapitel.

Aufzählung und Vergleichung der bewegenden Kräfte.

7. Aufzählung der practisch anwendbaren Kräfte.
8. Die Vergleichung der bewegenden Kräfte kann auf zweierlei Art geschehen.

2. Kapitel.

Zusammensetzung und Zerlegung der Kräfte.

9. Begriff der Resultirenden oder Mittelkraft.
10. Ihre Größe und Richtung für Kräfte mit derselben oder mit entgegengesetzten Richtungen.
11. Ihre Richtung und Größe, wenn zwei Kräfte einen Winkel einschließen.
12. Die Bewegung geschieht nach der Resultirenden — Anwendungen.
13. Richtung und Größe der Resultirenden mehrerer Kräfte, die einen Winkel einschließen.
14. Sie ist kleiner als die Summe der gegebenen Kräfte. Größe des Verlustes — Anwendungen.
15. Zerlegung einer Kraft in mehrere — Anwendung.
16. Zusammensetzung der nicht parallelen Kräfte, die verschiedene Angriffspuncte haben.
17. Bedingung für das Gleichgewicht solcher Kräfte. — Begriff vom Momente.
18. Zusammensetzung der parallelen Kräfte.

II. Abschnitt.

Von den bewegenden Kräften insbesondere.

1. Kapitel.

Schwere und Druck.

A. Schwere und Druck überhaupt.

19. Begriff der Schwere und daß sie den Körpern zukomme.
20. Richtung der Schwere — Anwendungen.
21. Parallele Richtung der Schwere in nahen Orten. — Anwendung.
22. Größe der Schwere, und ihr Unterschied vom Gewichte.

23. Gesetze für den freien Fall schwerer Körper.
24. Gesetze für die Bewegung über eine schiefe Ebene.
25. Begriff eines einfachen Pendels.
26. Kraft, durch welche ein Pendel schwingt.
27. Schwingungsgesetze eines Pendels.
28. Begriff eines zusammengesetzten Pendels — es kann immer auf ein einfaches zurückgeführt werden.
29. Gebrauch des Pendels zu Zeitmessern.
30. Gebrauch zur Bewegung der Maschinen. Glocken.
31. Bahn eines schief geworfenen Körpers.
32. Anwendung auf die Bewegung einer abgeschossenen Kugel.
33. Begriff vom Gewichte und seine Eintheilung.
34. Begriff vom Schwerpuncte.
35. Mittel ihn practisch zu finden.
36. Ein Körper fällt nicht, wenn sein Schwerpunct unterstützt ist — Anwendungen.
37. Begriff von der Stabilität. Wovon sie abhängt.
38. Anwendung der Gesetze der Stabilität auf allerlei Geräthe.
39. Anwendung auf Mauern.
40. Würdigung des Gewichtes als bewegende Kraft.

B. Schwere und Druck des Wassers.

41. Der Wasserdruck hängt nicht von der Wassermenge allein ab.
42. Grund dieser Erscheinung.
43. Allseitige Fortpflanzung eines einseitigen Druckes.
44. Größe des Bodendruckes und Anwendung auf Reals Presse.
45. Größe des aufwärts gerichteten Druckes — Der anatomische Heber.
46. Theorie und Beschreibung von Bramah's Wasserpresse
47. Hells Wassersäulenmaschine.
48. Eine andere mit einfacher Wirkung.
49. Eine andere mit doppelter Wirkung.
50. Größe des Seitendrucks.
51. Rückwirkung, wenn eine Seitenwand eine Oeffnung hat. Segners Rad und Barkers Mühle.
52. Erscheinungen an communicirenden Gefäßen bei einer gleichartigen Flüssigkeit.
53. Anwendungen.
54. Abweichung, wenn ein Arm sehr eng ist.
55. Erscheinungen an communicirenden Gefäßen bei ungleichartigen Flüssigkeiten.
56. Druck des Wassers auf einen eingetauchten Körper.
57. Gewichtsverlust eines eingetauchten Körpers und Folgerungen daraus.
58. Mittel einen Körper schwimmend zu machen.
59. Berechnung dieser Mittel.
60. Größe des in eine Flüssigkeit getauchten Theils eines Körpers im Gleichgewichte. — Anwendungen.
61. Derselbe Körper taucht sich in verschiedene Flüssigkeiten ungleich weit ein.
62. Anwendung auf Aräometer. Ihr Gebrauch.
63. Nothwendigkeit, die Wärme der Flüssigkeiten beim Gebrauche des Aräometers zu berücksichtigen.
64. Erscheinungen, wenn das specifische Gewicht des eingetauchten Körpers oder der Flüssigkeit veränderlich ist.

65. Eingetauchte flüssige Körper verhalten sich wie feste.
66. Einrichtung eines Körpers, wenn er in einer bestimmten Lage schwimmen soll.
67. Anwendung auf Schiffe.
68. Würdigung des Wasserdrucks als bewegende Kraft.
69. Bewegung des Wassers aus einer Bodenöffnung.
70. Bossuts Versuche hierüber bestätigen die Theorie.
71. Bestimmung der Ausflußmenge des Wassers aus einer Bodenöffnung.
72. Zusammenziehung des Wasserstrahls.
73. Verminderung der Ausflußmenge wegen dieser Zusammenziehung.
74. Einfluß cylindrischer Ansatzröhren.
75. Einfluß conischer Ansatzröhren.
76. Ausfluß aus einer Seitenöffnung.
77. Aehnlichkeit mit dem Wurfe der Körper.
78. Ausfluß aus aufwärts gerichteten Oeffnungen.
79. Nothwendigkeit das Wasser in Röhren fortzuleiten.
80. Bewegungsgesetze des Wassers in geraden Röhren.
81. Aufenthalt des Wassers in gekrümmten Röhren.
82. Stärke der Röhren und ihre Anordnung.
73. Nothwendigkeit in offenen Betten Wasser zuzuleiten.
84. Worauf man bei Anlegung eines Canals zu sehen hat.
85. Instrument, um das Gefälle eines Canals zu bestimmen.
86. Gebrauch desselben.
87. Nöthige Größe des Gefälles.
88. Verfahren beim Ausgraben des Bettes.
89. Die Bewegung des Wassers in Flußbetten ist vom Gefälle abhängig und wird durch viele Hindernisse modificirt.
90. Mittel die Geschwindigkeit eines Flusses zu bestimmen.
91. Berechnung der Wassermenge, die durch einen Querschnitt des Bettes geht.
92. Beharrungszustand eines Flusses.
93. Flüsse sind selten im Beharrungszustande.
94. Wodurch er gestört wird.
95. Abhängigkeit der Bewegung des Wassers vom Gefälle.
90. Das Wasser fließt ungeachtet des Gefälles nicht in beschleunigter Bewegung.
97. Einige Vorrichtungen, um mittelst des Wassers Maschinen zu bewegen.
98. Einige Vorrichtungen, um Wasser zu heben — Paternosterwerk, die Schwammmaschine, die Kasten- und Schaufelkunst.

C. Druck der Luft.

99. Eigenschaften und Wirkungen der atmosphärischen Luft.
100. Sie ist flüssig, ausdehnsam und schwer.
101. Beweis der Schwere der Luft.
102. Fortpflanzung des Luftdruckes nach allen Seiten.
103. Maß des Luftdruckes — Barometer.
104. Eigenschaften des Barometers.
105. Vorrichtungen und Erscheinungen, die auf dem Luftdrucke beruhen.
106. Die Spritze.
107. Der gekrümmte Heber.
108. Benützung des Hebers.
109. Die Saugpumpe und ihre Wirkung.

23. Geſetze für den freien Fall ſchwerer Körper.
24. Geſetze für die Bewegung über eine ſchiefe Ebene.
25. Begriff eines einfachen Pendels.
26. Kraft, durch welche ein Pendel ſchwingt.
27. Schwingungsgeſetze eines Pendels.
28. Begriff eines zuſammengeſetzten Pendels — es kann immer auf ein einfaches zurückgeführt werden.
29. Gebrauch des Pendels zu Zeitmeſſern.
30. Gebrauch zur Bewegung der Maſchinen. Glocken.
31. Bahn eines ſchief geworfenen Körpers.
32. Anwendung auf die Bewegung einer abgeſchoſſenen Kugel.
33. Begriff vom Gewichte und ſeine Eintheilung.
34. Begriff vom Schwerpuncte.
35. Mittel ihn practiſch zu finden.
36. Ein Körper fällt nicht, wenn ſein Schwerpunct unterſtützt iſt — Anwendungen.
37. Begriff von der Stabilität. Wovon ſie abhängt.
38. Anwendung der Geſetze der Stabilität auf allerlei Geräthe.
39. Anwendung auf Mauern.
40. Würdigung des Gewichtes als bewegende Kraft.

B. Schwere und Druck des Waſſers.

41. Der Waſſerdruck hängt nicht von der Waſſermenge allein ab.
42. Grund dieſer Erſcheinung.
43. Allſeitige Fortpflanzung eines einſeitigen Druckes.
44. Größe des Bodendruckes und Anwendung auf Reals Preſſe.
45. Größe des aufwärts gerichteten Druckes — Der anatomiſche Heber.
46. Theorie und Beſchreibung von Bramah's Waſſerpreſſe
47. Hells Waſſerſäulenmaſchine.
48. Eine andere mit einfacher Wirkung.
49. Eine andere mit doppelter Wirkung.
50. Größe des Seitendrucks.
51. Rückwirkung, wenn eine Seitenwand eine Oeffnung hat. Segners Rad und Barkers Mühle.
52. Erſcheinungen an communicirenden Gefäßen bei einer gleichartigen Flüſſigkeit.
53. Anwendungen.
54. Abweichung, wenn ein Arm ſehr eng iſt.
55. Erſcheinungen an communicirenden Gefäßen bei ungleichartigen Flüſſigkeiten.
56. Druck des Waſſers auf einen eingetauchten Körper.
57. Gewichtsverluſt eines eingetauchten Körpers und Folgerungen daraus.
58. Mittel einen Körper ſchwimmend zu machen.
59. Berechnung dieſer Mittel.
60. Größe des in eine Flüſſigkeit getauchten Theils eines Körpers im Gleichgewichte. — Anwendungen.
61. Derſelbe Körper taucht ſich in verſchiedene Flüſſigkeiten ungleich weit ein.
62. Anwendung auf Aräometer. Ihr Gebrauch.
63. Nothwendigkeit, die Wärme der Flüſſigkeiten beim Gebrauche des Aräometers zu berückſichtgen.
64. Erſcheinungen, wenn das ſpecifiſche Gewicht des eingetauchten Körpers oder der Flüſſigkeit veränderlich iſt.

159. Wasserbedarf einer Dampfmaschine.

3. Kapitel.
Elasticität.

160. Begriff der Elasticität und Grade derselben an wirklichen Körpern.
161. Größe der Kraft einer Feder.
162. Gestalt der Federn nach Verschiedenheit des Zweckes.

4. Kapitel.
Stoß der Körper.

163. Wovon die durch den Stoß bewirkte Aenderung abhängt
164. Größe der Bewegung.
165. Gesetze des Stoßes fester unelastischer Körper.
166. Nähere Betrachtung, wie ein bewegter Körper auf einen andern wirkt.
167. Wirkung der Trägheit beim Stoße. — Anwendungen.
168. Einiges über den Stoß elastischer Körper.
169. Gesetze des Wasserstoßes auf eine unbewegliche Fläche.
170. Gesetze des Wasserstoßes auf eine bewegliche Fläche.
171. Gesetze des Stoßes der Luft.

5. Kapitel.
Muskelkräfte der Menschen und Thiere.

172. Es läßt sich nur ein Mittelwerth für Muskelkräfte angeben. Absolute und beständige Kräfte.
173. Die Kraft desselben Individuums muß bei verschiedenen Arbeiten verschieden seyn.
174. Regniers Dynamometer.
176. Mittel die beständige Muskelkraft zu schätzen.
176. Kraft des Menschen beim Drücken und Heben.
177. Geschwindigkeit eines Mannes.
178. Kraft eines Mannes beim Tragen, bei Schlagwerken, beim Drehen einer Kurbel, beim Schieben.
179. Kraft der Pferde und ihre Geschwindigkeit.

6. Kapitel.
Kräfte von beschränkter Anwendbarkeit.

A. Kraft des Schießpulvers.
180. Wodurch das Schießpulver wirkt.
181. Rumford's Versuche über die Pulverkraft.
B. Ausdehnende Kraft der Wärme.
182. Alle Körper dehnen sich durch die Wärme aus.
183. Beispiel der Anwendung dieser Kraft.
C. Kräfte womit die kleinsten Theile der Körper auf einander einwirken.
184. Beweis daß sich die kleinsten Theile der Körper anziehen, und Beispiel der Anwendung dieser Kraft.
185. Aufsteigen des Wassers in engen Röhren und Anwendung desselben.
186 Vera's Wassermaschine.
D. Electrische Anziehung.
187. Zamboni's Säule.

III. Abschnitt.

Von widerstehenden Kräften.

188. Begriff und Aufzählung der widerstehenden Kräfte.

1. Kapitel.
Reibung.

189. Woher die Reibung entstehe. Reibungscoefficient.

Umdrehungszahlen bei zwei Rädern zu finden.
272. Dasselbe für mehrere Räder.
273. Einfluß der Theilbarkeit der Zähnezahl am Rade und Getriebe auf den Gang des Räderwerkes.
274. Methode aus dem Verhältnisse der Umdrehungszahlen die Anzahl der Zähne zu finden.
275. Regeln, die dabei zu beobachten sind.
276. Mittel um diesen Regeln Genüge zu leisten, wenn die Factoren der Umdrehungszahlen zu klein sind.
277. Mittel zu demselben Zwecke, wenn die Umdrehungszahlen Primzahlen sind.
278. Frater Davids Rädergebäude.
279. Auflösung einer Aufgabe nach diesem Rädergebäude.
280. Erläuterung des bisher gesagten an einer Taschenuhr.
281. Mittel, um den Ort der Zähne am Umfange der Räder zu bestimmen. Schneidmaschine.
282. Stärke der Zähne und Triebstöcke.
283. Material zu Zähnen, Kämmen und Triebstöcken.
284. Gestalt der Zähne.
285. Mittel den Zähnen eines Sternrades das in einen Trilling eingreift, die rechte Gestalt zu geben.
286. Mittel zu demselben Zwecke, wenn 2 Sternräder in einander greifen.
287. Wie man die Stücke des Kranzes mit einander verbindet.
288. Wie man den Kranz mit der Welle verbindet. Regeln.
289. Einrichtung der Welle.
290. Einrichtung der Zapfen.
291 Einrichtung der Pfannen.
292. Gestalt der Pfannen für mancherlei Zwecke.
293. Geschlossene Pfannen — Reibungsrollen.
294. Anwendung des Keils.
295. Beschreibung des Pfluges
296. Kräfte, welche auf den Pflug wirken.
297. Wie der Gang des Pflugs mit der Größe und Richtung der Zugkraft zusammenhängt.
298. Einrichtung der Schraube, wenn man sie zum Pressen braucht.
299. Anwendung der Schraube zu Theilmaschinen
300. Prony's Schraube zu sehr feinen Bewegungen.
301. Beschreibung der Wasserschraube.
302. Wie die Wasserschraube wirkt.
303. Einrichtung der Wasserschraube zur Erlangung des größtmöglichsten Effectes.

V. Abschnitt.

Von den Mitteltheilen der Maschinen.

304. Begriff und Zweck der Mitteltheile einer Maschine.

1. Kapitel.

Mitteltheile, um eine Bewegung unter veränderter oder unveränderter Richtung fortzupflanzen.

305. Nothwendigkeit solcher Mitteltheile.
306. Aufzählung der vorzüglichsten Mitteltheile zum genannten Zwecke.
307. Sternräder als Fortpflanzungsmittel der Bewegung.
308. Mittel, um mittelst Rader eine Bewegung unter einem

rechten Winkel fortzupflanzen.
309. Ein anderes Mittel.
310. Mittel, eine Bewegung unter einem spitzigen Winkel fortzupflanzen.
311. Mittel, um eine drehende Bewegung in eine geradlinige hin und hergehende zu verwandeln.
312. Ein anderes Mittel.
313. Wieder ein anderes und zwar besseres Mittel.
314. Noch ein anderes Mittel.
315. Gebrauch der Kurbeln.
316. Ihre Anwendung, um eine drehende Bewegung in eine geradlinige zu verwandeln.
317. Gebrauch zweifacher und dreifacher Kurbeln.
318. Feldgestänge.
319. Watts Räderwerk statt der Kurbel.
320. Anwendung der elliptischen Scheibe.
321. Sie wirkt wie eine schiefe Fläche.
322. Anwendung mehrerer elliptischen Scheiben an einer Axe.
323. Rad mit wellenförmigen Vertiefungen.
324. Elliptische Scheibe, um einen Körper gleichförmig zu heben.
325. Methode, der Scheibe die nöthige Krümmung zu geben.
326. Prüfung der Richtigkeit des gelehrten Verfahrens.
327. Herzförmige Scheibe, und Methode sie zu machen.
328. Prüfung der Richtigkeit dieser Methode.
329. Däumlinge.
330. Beschreibung eines Stämpfers.
331. Heblatte.
332. Wovon der Hub eines Stämpfers abhängt.
333. Ungleichheit der Last, während des Hubes.
334. Mittel sie zu vermindern und aufzuheben.
335. Nöthige Gestalt der Däumlinge.
336. Mittel, damit sie diese Gestalt nicht verlieren.
337. Reibung der Stämpfer an den Scheidelatten, und Einrichtung der Stämpfer, um sie zu vermindern.
338. Ort für die Scheidelatten und die Heblatte.
339. Noch eine andere Einrichtung der Stämpfer.
340. Anordnung mehrerer Stämpfe an einer einzigen Welle.
341. Ketten und Stricke, woraus sie gemacht werden.
342. Eigenschaften einer Kette und Aufzählung einiger brauchbarer Ketten.
343. Ketten und Stricke können Zähne vertreten.
344. Vorrichtungen zum Spannen der Stricke.
345. Wie man 2 Räder mittelst Ketten u. Stricken verbindet.
346. Verwandlung einer drehenden Bewegung in eine geradlinige mittelst Ketten.
347. Unzulänglichkeit der hier aufgezählten Fortpflanzungsmittel der Bewegung für große Entfernungen.
348. Die Wasserſäulen lassen sich mit Vortheil als Fortpflanzungsmittel brauchen.
349. Worauf man bei ihrer Anlage zu sehen hat.

2. Kapitel.

Mittelstheile, um eine Bewegung zu reguliren.

350. Nothwendigkeit solcher Mittelstheile und Aufzählung der vorzüglichsten darunter.

351. Begriff von einem Schwungrade und wie es wirket.
352. Wo die Anwendung eines Schwungrades vortheilhaft iſt.
353. Jedes Rad kann zugleich Schwungrad ſeyn.
354. Zweckmäßige Einrichtung eines Schwungrades.
355. Beſchränkung ihrer Anwendbarkeit.
356. Schnecken als Regulatoren der Bewegung.
357. Wirkung excentriſcher Scheiben.
358. Unzulänglichkeit veränderlicher Gegengewichte an Berghaſpeln.
359. Zweckmäßigkeit excentriſcher Scheiben für dieſen Fall — ihre Einrichtung.
360. Beſchreibung veränderlicher Gegengewichte.
361. Anwendung der Idee der veränderlichen Gegengewichte auf Dampfwägen.
362. Anwendung und Wirkung der Windfänge.
363. Beſchreibung des coniſchen Pendels und ſeine Wirkung.
364. Erklärung ſeiner Wirkung aus der Fliehkraft. — Beweis für das Daſeyn der Fliehkraft.
365. Anwendung des coniſchen Pendels auf Dampfmaſchinen.

VI. Abſchnitt.

Von der Feſtigkeit der Materialien.

366. Feſtigkeit und ihre Eintheilung.

1. Kapitel.

Abſolute Feſtigkeit.

367. Wie man ſie erfährt, und welche Geſetze ſie befolgt.
368. Feſtigkeiten einiger Holzarten und Metalle.
369. In wie weit man ſich auf Verſuche verlaſſen darf, welche die Feſtigkeit betreffen.
370. Feſtigkeit der Stricke.

2. Kapitel.

Relative Feſtigkeit.

371. Art ſie zu erforſchen — Einfluß der Biegſamkeit.
372. Geſetz der relativen Feſtigkeit.
373. Anwendung auf die vortheilhafteſte Lage und Geſtalt eines Balkens.
374. Brechen der Balken, die an beiden Enden befeſtigt ſind.
375. Einfluß des Gewichtes der Balken auf ihre Feſtigkeit.
376. Vergleichung der Balken, die an einem und an beiden Enden befeſtigt ſind.
377. Eytelweins Verſuche über die relative Feſtigkeit.

3. Kapitel.

Rückwirkende Feſtigkeit.

378. Art ſie zu erforſchen und ihr Geſetz.
379. Einfluß der Natur eines Körpers auf die Art, wie ſeine Theile getrennt werden.
380. Muſſchenbröck's Verſuche hierüber.

VII. Abſchnitt.

Allgemeine Regeln für den Maſchinenbau.

1. Kapitel.

Maſchinen im Großen.

381. Was bei ihrer Anlegung zu beobachten ſey.
382. Vorzug des Druckes vor dem Stoße. Anwendung der Regulirungsmittel — Beſchränkung derſelben.
383. Sparſamkeit bei der Anwendung der bewegenden Kraft.
384. Verminderung der widerſtehenden Kräfte.
385. Rückſicht auf das Materiale einer Maſchine.
386. Wann Bauholz geſchlagen und wie es behandelt werden ſoll.
387. Mittel der Fäulniß vorzubeugen.
388. Prüfungsmittel der Güte des Bauholzes.
389. Nicht alle Theile einer Maſchine brauchen gleich feſt zu ſeyn.

2. Kapitel.

Modelle.

390. Nothwendigkeit der Modelle.
391. Nöthige Eigenſchaften eines Modells.
392. Abweichung der Wirkſamkeit einer Maſchine von der des Modells, nach dem ſie gebaut iſt.
393. Urſachen dieſer Abweichung.
394. Einfluß der Kräfte von beſchränkter Größe.

Zuſätze aus der Arithmetik und Geometrie.

A. Einiges aus der Arithmetik.

1. Operationszeichen.
2. Begriff der Theilbarkeit der Zahlen.
3. Begriff der geraden und ungeraden Zahlen.
4. Theilbarkeit durch 2
5. Theilbarkeit durch 3
6. Theilbarkeit durch 4
7. Theilbarkeit durch 5
8. Theilbarkeit durch 8
9. Theilbarkeit durch 9
10. Theilbarkeit durch 10
11. Theilbarkeit durch 11
12. Theilbarkeit durch zuſammengeſetzte Zahlen.
13. Begriff einer Primzahl.
14. Auflöſung einer Zahl in Factoren.
15. Begriff einer Potenz, einer Wurzel, eines Quadrates, Würfels.
16. Begriff des Quadrirens und Wurzel Ausziehens.
17. Wurzelzeichen.
18. Ausziehen der Quadratwurzel aus zweiziffriaen Zahlen.
19. Nicht jede Zahl iſt ein Quadrat.
20. Ausziehen der Quadratwurzel aus mehrziffrigen Zahlen.
21. Ausziehen der Quadratwurzel durch Näherung.

B. Einiges aus der Geometrie.

1. Begriff eines geometriſchen Körpers, einer Fläche, einer Linie, eines Punctes.
2. Gerade und krumme Linien.
3. Vergleichungsmittel gerader Linien.

4. Begriff des Kreiſes und der darin vorkommenden Linien.
5. Eintheilung des Kreiſes in Grade.
6. Maß des Kreisumfanges und eines Kreisbogens.
7. Begriff der Cycloide und Epicycloide.
8. Begriff paralleler Linien und eines Winkels.
9. Eintheilung der Winkel.
10. Maß der Winkel.
11. Druck und ſeine Eintheilung.
12. Viereck, Fünfeck ꝛc.
13. Ein gleichſeitiges Dreieck zu beſchreiben.
14. Einen Winkel zu halbiren.
15. Eine Linie zu halbiren.
16. Auf einer Linie aus einem gegebenen Puncte eine ſenkrechte zu ziehen.
17. Auf eine Linie eine ſenkrechte zu errichten.
18. Zu einer Linie eine parallele zu ziehen.
19. Auf einen Punct eines Kreiſes ein Tangente zu ziehen.
20. Den Mittelpunct eines Kreiſes zu finden.
21. Eine gerade Linie in gleiche Theile zu theilen.
22. Einen Kreisbogen zu halbiren.
23. Den Umfang eines Kreiſes in 2, 4, 8, 16 ꝛc. gleiche Theile zu theilen.
24. Den Umfang eines Kreiſes in 6, 12, 24 ꝛc. gleiche Theile zu theilen.
25. Vergleichung der Flächen mit einander.
26. Den Flächeninhalt eines Rechteckes zu finden.
27. Den Flächeninhalt eines Parallelogramms zu finden.
28. Den Flächeninhalt eines Dreiecks zu finden.
29. Den Flächeninhalt irgend einer geradlinigen Figur zu beſtimmen.
30. Den Flächeninhalt eines Kreiſes zu finden.
31. Vergleichung der Körper mit einander.
32. Begriff eines Prisma.
33. Den Cubikinhalt eines Prisma zu finden.
34. Begriff eines Cylinders.
35. Den Cubikinhalt eines Cylinders zu finden.
36. Begriff einer Pyramide.
37. Den Kubikinhalt einer Pyramide zu finden.
38. Begriff eines Kegels.
39. Den Cubikinhalt eines Kegels zu finden.
40. Begriff der Ellipſe.
41. Den körperlichen Inhalt einer Kugel zu finden.
42. Den Cubikinhalt irgend eines Körpers zu finden.

Die Mechanik.

Einleitung.

1.

Die Mechanik ist die Lehre von den Gesetzen der Bewegung und des Gleichgewichtes. Diese Gesetze lassen sich auf zwei verschiedene Arten darstellen, entweder so, daß sie alle möglichen Bewegungen und Bedingungen des Gleichgewichtes umfassen, und zur Erklärung der Naturerscheinungen überhaupt führen, oder so, daß sie nur diejenigen Bewegungen und jene Bedingungen des Gleichgewichtes in sich schließen, die für das bürgerliche Leben von vorzüglicher Anwendbarkeit sind. Erstere machen den Inhalt der reinen oder rationellen Mechanik aus, letztere den der angewandten oder practischen, die man auch Gewerbsmechanik nennen könnte. Jene gründet sich ganz auf speculative Betrachtungen; sie nimmt allgemeine Ursachen der Bewegungen an, ohne sich darum zu bekümmern, ob sie in der Wirklichkeit vorhanden sind oder nicht; sie betrachtet alles in einem mathematischen genau bestimmten Zustande, wenn er auch in der Natur nicht so existirt: diese hingegen beschränkt sich nur auf solche Quellen der Bewegungen, die uns die Wirklichkeit darbiethet; sie nimmt überall auf das Rücksicht, was die Er-

fahrung lehrt, und verliert nie die Anwendbarkeit zum Nutzen oder Vergnügen des bürgerlichen Lebens aus dem Auge.

2.

Man erkennt leicht in jedem einzelnen Falle aus der Veränderung oder aus der Beständigkeit der Lage der Körper gegen einander, ob eine Bewegung vor sich geht oder nicht. So beurtheilt der, welcher sich in einem Schiffe befindet, ohne Schwierigkeit, ob Ruhe oder Bewegung herrscht, wenn er auf die Gegenstände des festen Landes hinsieht. Aber welcher Körper in Bewegung ist, das läßt sich nicht immer so leicht entscheiden; man könnte wohl leicht einen Menschen, der stets auf einem Schiffe lebte, überreden, daß er sich nicht mit dem Schiffe stromabwärts bewege, sondern daß er ruhe, und die Bäume, Häuser ꝛc. am festen Lande aufwärts gehen, so wie sich der gemeine Mann meistens für überzeugt hält, daß die Sonne sich täglich um die Erde herumbewege, während der Astronom fest überzeugt ist, daß diese Bewegung der Erde zukomme.

3.

Alles Bewegte muß in einer gewissen Zeit einen gewissen Raum oder Weg zurücklegen. Denkt man sich das Bewegliche als Punct, so kann man sich den Weg, den es zurücklegt, als Linie vorstellen. Diese Vorstellungsweise geht selbst dann noch an, wenn ein Körper, d. i. gleichsam eine Menge mit einander verbundener Puncte, sich so bewegt, daß alle Theile einerlei Bewegung haben, wie dieses bei einem herabfallenden Steine der Fall ist, der sich nicht zugleich während des Falls dreht. Wenn man zwei Körper mit einander vergleicht, deren jeder in einer gewissen Zeit

einen gewissen Raum zurücklegt, so sagt man, derjenige hat eine größere Geschwindigkeit, der entweder in derselben Zeit einen größeren Weg zurücklegt, oder der denselben Weg in kürzerer Zeit macht. Ueberhaupt drückt man die Geschwindigkeit durch den Weg aus, den ein Körper in einer gewissen Zeit, z. B. in einer Secunde zurücklegen würde, wenn er, nachdem er einmahl in Bewegung gesetzt ist, nun sich selbst überlassen wäre, und daher durch sich selbst weiter fortginge. Es hat daher jeder bewegte Körper eine gewisse Geschwindigkeit; wiewohl man nach dem im gemeinen Leben gangbaren Begriffe von Geschwindigkeit nur von jenen Körpern sagt, sie bewegen sich geschwind, die schnell, d. i. mit großer Geschwindigkeit fortschreiten.

4.

Eine Bewegung, deren Geschwindigkeit durchaus dieselbe bleibt, heißt gleichförmig; diejenige, deren Geschwindigkeit immer zunimmt, nennt man beschleunigt, deren Geschwindigkeit abnimmt, verzögert. Die Bewegung der Erde um ihre Axe gibt ein Beispiel von der ersten, die eines frei fallenden Körpers von der zweiten, die eines gerade in die Höhe geworfenen von der dritten Bewegungsart.

Gleichförmig beschleunigt heißt die Bewegung, wenn ihre Geschwindigkeit so wächst, wie die Zeit der Bewegung zunimmt. Bei einer solchen Bewegung wird die Geschwindigkeit am Ende der zweiten Secunde zweimahl, am Ende der dritten dreimahl so groß seyn, als am Ende der ersten Secunde.

Gleichförmig verzögert nennt man sie, wenn

die Geschwindigkeit so abnimmt, wie die Zeit zunimmt. In jedem andern Falle ist die Bewegung eine ungleichförmig beschleunigte oder ungleichförmig verzögerte.

5.

Kein Körper kann sich als solcher weder selbst bewegen, noch die einmahl angenommene Bewegung durch sich selbst ändern oder enden.

Der erste Theil dieser Behauptung ist für sich selbst klar, man könnte nur vielleicht durch die Bewegungen lebender Körper irre geführt werden, weil sie sich selbst bewegen. Allein auch bei diesen trennen wir ja immer im Gedanken das Bewegte von dem Bewegenden, das eigentlich Körperliche von dem Unkörperlichen.

Vom zweiten Theile überzeugt man sich durch Erfahrungen:

Wenn man eine Kugel auf einem ebenen Boden durch einen Stoß fortschiebet, so bewegt sie sich desto länger vorwärts, je glatter der Boden ist, d. h. je weniger Hindernisse da sind, und man kann mit Grund behaupten, daß sie sich beständig fortbewegen würde, wenn gar kein Hinderniß vorhanden wäre.

Das Unvermögen eines bewegten Körpers seine Bewegung zu enden, verräth sich am deutlichsten an einer Kugel, die man in einer bogenförmigen Rinne (Fig. 1) ABC herablaufen läßt. Wenn sie nämlich von A aus im untersten Puncte B der Rinne angekommen ist, so steigt sie selbst gegen den Zug der Schwere von B nach C aufwärts. Dasselbe empfinden wir an uns selbst, wenn wir einen Berg herabgelaufen sind; man muß sich völlig anstrengen, um sich in der Ebene

im Laufe zurückzuhalten. Dieſe Eigenſchaft der Körper heißt man Trägheit, und man verſteht darunter bloß das Unvermögen ihren Zuſtand ſelbſt zu ändern.

6.

Da die Körper träg ſind, ſo muß bei jeder Bewegung etwas vorhanden ſeyn, wodurch ſie hervorgebracht wird. Man nennt dieſes bewegende Kraft. Aeußert eine bewegende Kraft ihr Vermögen durch wirkliche Bewegung, ſo heißt ſie lebendig; wird ſie aber daran durch eine andere Kraft gehindert, ſo heißt ſie todt. Von Kräften, deren eine die andere in der Bewegung hindert, ſagt man, ſie ſtehen im Gleichgewichte.

Erſter Abſchnitt.

Von bewegenden Kräften überhaupt.

Erſtes Kapitel.

Aufzählung und Vergleichung der bewegenden Kräfte.

7.

Bewegende Kräfte, welche practiſch anwendbare Wirkungen hervorbringen können, ſind:

1. Die Schwere und der daraus hervorgehende Druck der Körper, insbeſondere der Druck des Waſſers und der Luft. So werden unſere Wanduhren durch feſte Gewichte; die oberſchlächtigen Waſſerräder durch den Druck des Waſſers in Bewegung geſetzt, und ſo wird die Waſſerſäule in den gemeinen Pumpen durch den Druck der Luft gehoben.
2. Die Ausdehnſamkeit, vorzüglich der Luft und der Waſſerdämpfe. Dadurch wirken die Windbüchſen, und die in unſern Tagen ſo berühmten Dampfmaſchinen.
3. Die Elaſticität, vorzüglich des Stahles, des gehämmerten Meſſings, des Holzes. Unſere Sackuhren werden ſo bewegt.
4. Der Stoß eines ſchon bewegten Körpers, beſonders des Waſſers und der Luft. So wird eine Billardkugel durch eine andere; ein unterſchlächtiges Waſſerrad durch den

Stoß des Wassers; der Flügel einer Windmühle durch den Stoß der Luft bewegt.

5. Die Muskelkräfte der Thiere und Menschen. Dadurch werden bekanntlich Pflüge und Wägen, Tretscheiben und Laufräder in Bewegung gesetzt, Kurbeln umgedreht u. d. m.

Außer diesen Kräften, deren Anwendung im gemeinen Leben sehr allgemein ist, und auch einen gewissen Spielraum gestattet, gibt es auch noch andere von beschränkterer Anwendbarkeit, wie z. B. die Kräfte, wo nur die kleinsten Theile der Körper auf einander wirken, die Kraft der Wärme, der Electricität.

8.

Der Mechaniker sieht durchaus nicht auf den letzten innern Grund dieser Kräfte zurück; er untersucht keineswegs, wie z. B. der Mensch seine Glieder bewegt und dadurch auf Maschinen wirkt; er frägt nicht, worauf die Ausdehnsamkeit, die Elasticität u. s. w. zuletzt beruht; sondern er berücksichtigt einzig und allein ihre Wirkungen. Um sie aber unter einen gemeinschaftlichen Gesichtspunct zu bringen, muß er die Wirkungen aller Kräfte auf irgend eine einzige Wirkung zurückführen, von der jedermann einen bestimmten Begriff hat. Dieses ist das Gewicht. Es müssen daher alle Kräfte nach Gewichten geschätzt werden. Dieses kann aber auf zweierlei Art geschehen.

Die erste besteht darin, daß man das Gewicht angibt, welches irgend einer Kraft das Gleichgewicht hält. So kann man die Kraft eines Menschen durch die Größe des Gewichtes schätzen, das er tragen kann, ohne sich von der Stelle zu bewegen. Die zweite Art besteht darin, daß man eine Kraft

nach der Größe des Gewichtes und zugleich nach der Höhe schätzt, zu welcher sie es in einer gegebenen Zeit hebt. Dieses geschieht z. B. wenn man sagt, ein Pferd sey in Rücksicht seiner Kraft 7 Menschen gleich. Dieses ist keineswegs so gemeint, als herrsche Gleichgewicht, wenn 7 Menschen an einem Seile nach einer Seite ziehen und ein Pferd nach der entgegengesetzten, sondern daß ein Pferd in einer gewissen Zeit eine eben so große Last auf eine gewisse Höhe heben kann, als 7 Menschen. Die letztere Methode hat vor der ersten einen unbestreitbaren Vorzug; denn, wenn man z. B. Arbeiter braucht, so will man doch nicht sowohl wissen, wie viel sie tragen können, ohne vom Platze zu kommen, als wie viel Arbeit sie in einer gegebenen Zeit vollführen können. Indeß gibt es doch Fälle, wo eine Schätzung der Kräfte nach der ersten Art von Wichtigkeit ist, nämlich, wo man wissen will, welche Kraft einer gegebenen das Gleichgewicht halten kann.

Zur Versinnlichung stellt man dann die Kräfte durch Linien vor, die sich zu einander verhalten, wie die Kräfte selbst. So muß eine Linie doppelt so groß seyn, als eine andere, wenn sie eine doppelt so große Kraft als jene vorstellen soll. Diese Linien geben zugleich die Richtungen der Kräfte an.

Zweites Kapitel.

Zusammensetzung und Zerlegung der Kräfte.

9.

Wenn mehrere Kräfte auf einen Körper wirken, so kann man sich immer eine einzige vorstellen, welche der Wirkung

nach, allen übrigen zusammen genommen gleich kommt. Man nennt sie die Resultirende oder die Mittelkraft.

10.

Wenn zwei oder mehrere Kräfte auf einen Punct nach derselben Richtung wirken, so ist die Mittelkraft der Summe aller Kräfte gleich; wenn sie nach entgegen gesetzten Richtungen wirken, so gleicht sie dem Unterschiede der Kräfte, deren Richtungen entgegen gesetzt sind. Ziehen z. B. mehrere Kräfte, die durch 2, 3, 5, 6, ausgedrückt werden, an einer Last, so ist es eben so viel, als wenn diese Last von einer Kraft gezogen würde, die durch $2 + 3 + 5 + 6 = 16$ ausgedrückt wird. Ziehen aber die Kräfte 2 und 3 nach einer, 5 und 6 nach der entgegen gesetzten Seite, so wäre es eben so, als wenn die Kräfte $(5 + 6) - (2 + 3) = 6$ nach der Seite der Kräfte 5 und 6 wirkten.

11.

Wenn zwei Kräfte AB und AC (Fig. 2) unter dem Winkel CAB auf den Punct A wirken, so ist die Mittelkraft durch die Diagonale AD des Parallelogramms ABCD der Größe und Richtung nach gegeben. Man heißt ein solches Parallelogramm, dessen Seiten die Kräfte mit ihrer Neigung gegen einander vorstellen, Parallelogramm der Kräfte. Die Kräfte AB und AC selbst heißen Seitenkräfte in Beziehung auf die Mittelkraft AD.

12.

Weil jeder Körper träg ist, so muß er in der Richtung fortgehen, nach welcher die bewegende Kraft wirkt. Wenn also AD auf A wirkte, so müßte A auch die Richtung AD nehmen; indem aber AD den Kräften AB und AC der Wir-

kung nach gleich ist, und so muß A auch nach der Richtung der Diagonale AD gehen, wenn AB und AC darauf wirken. Aus diesem Grundsatze erklären sich viele für das Leben wichtige Erscheinungen: Man ersieht z. B. hieraus, warum oft der Regen bei einem Winde so schief herabfällt, daß er an die Mauern der Gebäude anschlägt; warum dieses vorzüglich beim Nordwest- oder Nordwinde der Fall ist, und warum man die Wände gegen diese Seite am festesten und aus dem trockensten Materiale machen, und dorthin nie ein Gemach verlegen soll, welches zur Aufbewahrung solcher Körper bestimmt ist, denen Feuchtigkeit leicht schadet; ferner erklärt man hieraus die Richtung eines Schiffes, welches von Rudern und durch Segel zugleich getrieben wird, oder die eines fallenden Baumes, der mittelst zweier Stricke nach verschiedenen Richtungen umgerissen wird.

13.

Es ist leicht einzusehen, daß man nach diesem Grundsatze aus was immer für einer Anzahl von Kräften, die mit einander Winkel einschließen, die Mittelkraft finden kann. Wäre z. B. von den Kräften AB, AC, AD und AE (Fig. 3) die Mittelkraft zu suchen, so ziehe man BF mit AC parallel und mache BF = AC, hierauf FG mit AD parallel, und FG = AD, dann GH mit AE parallel und GH = AE, ziehe AH, so stellt diese die gesuchte Mittelkraft vor.

14.

Eben so leicht erkennt man, daß in jedem Falle, wo Kräfte unter einem Winkel zusammenwirken, die Mittelkraft kleiner sey, als die Summe der gegebenen Kräfte, und daß daher ein Verlust an Kräften Statt finde. Weil aber die

Diagonale des Parallelogramms bei einerlei Länge der Seiten desto größer ist, je kleiner der Winkel ist, den sie schneidet, so ist dieser Verlust auch desto geringer, je kleiner der Winkel ist, unter welchem die Kräfte zusammen wirken.

Diese Wahrheiten geben uns den nützlichen Wink, Kräfte wo möglich gleichlaufend wirken zu lassen, und wo dieses nicht angeht, ihre Neigung so klein als möglich zu machen. Dieses kann Anwendung finden, wo mehrere Personen mittelst Stricken einen Schlegel in die Höhe ziehen, um damit Pflöcke einzuschlagen, oder wo mehrere Pferde, wie es gewöhnlich geschieht, ein Schiff stromaufwärts ziehen. Im ersten Falle müssen sich nämlich die Personen so nahe als möglich stehen; im zweiten sollen die Pferde lieber hinter, als neben einander gehen.

15.

Durch Umkehrung des in 10 und 12 gelehrten Verfahrens kann man auch jede gegebene Kraft in zwei oder mehrere zerlegen, die einen Winkel einschließen und ihrer Wirkung nach der gegebenen Kraft gleich sind. Soll z. B. die Kraft AB (Fig. 4) in zwei Kräfte zerlegt werden, so ziehe man zwei beliebige Linien AC und CB, die mit AB ein Dreieck geben, und vollende das Parallelogramm ACBD, indem man AD mit CB, und BD mit AC parallel zieht, und man hat statt der Kraft AB die Kräfte AC und AD. Auf gleiche Weise kann man wieder mit AC und CB verfahren, und so AB in jede beliebige Anzahl von Kräften auflösen.

Mittelst einer solchen Auflösung der Kräfte kann man sehen, wie groß der Verlust an einer Kraft ist, wenn sie nach einer andern Richtung wirkt, als nach welcher die Bewegung

vor ſich gehen kann; wie z. B. wenn eine Laſt mittelſt Zugthieren in einer gebirgigen Gegend fortgezogen wird. Stellt ABC (Fig. 5) ein Stück des Weges vor, wo es in B anfängt bergauf zu gehen, und gehen die Thiere ſchon auf BA, während die Laſt noch auf BC fortgeht, ſo iſt die Richtung ihres Zuges BA, die der Laſt CB. Stellt nun BA die Größe der Kraft der Thiere vor, ſo löſe man ſie auf in die mit CB parallele BD, und in die auf ihr ſenkrechte AD, um zu ſehen, daß der Kraftverluſt ſo groß iſt, als der Unterſchied zwiſchen AB und DB. Dieſe Betrachtung lehrt, daß es ſehr ſchädlich ſey, in ſolchen Wegen die Zugthiere an lange Stränge zu ſpannen. Etwas ähnliches geht auch vor, wenn die Deichſel oder die Zugſtränge nicht mit dem Wege den gehörigen Winkel machen, wie es häufig der Fall iſt, wenn die Höhe der Zugthiere nicht mit der Höhe des Wagens im gerechten Verhältniſſe ſteht.

16.

Wenn zwei Kräfte wie AB (Fig. 6) und CD zwar gegen einander geneigt ſind, aber auf zwei Puncte A und C wirken, ſo findet man die Richtung und Größe der Mittelkraft, wenn man die Kräfte AB und CD verlängert, bis ſie ſich ſchneiden. Geſchieht dieſes in E, ſo mache man EF = AB, EG = CD, und vollende das Parallelogramm EFHG. Die Diagonale EH gibt die Größe und Richtung der geſuchten Kraft an.

17.

Verlängert man EH bis ſie die Linie AC ſchneidet, ſo ſieht man, daß die Kräfte AB und CD keine Bewegung hervorbringen werden, wenn man im Puncte K, wo die Mittelkraft die Linie AC ſchneidet, eine ſolche Stütze anbringt,

die sein Fortrücken hindert; denn dadurch wird offenbar die Mittelkraft von AB und CD, nämlich EH, aufgehoben, mithin auch die Kräfte AB und CD selbst, vorausgesetzt, daß A, K und C unveränderlich mit einander verbunden sind.

Um diesen Punct K, der unterstützt werden muß, wenn die Kräfte im Gleichgewichte seyn sollen, zu finden, darf man sich nur merken, daß sich die auf AE und CE senkrechten Linien KL und KM so verhalten, wie die Kräfte selbst verkehrt genommen. Ist daher AB doppelt so groß als CD, so muß auch KM doppelt so groß als KL seyn. Man kann dieses auch so ausdrücken: Der Punct K muß immer so angenommen werden, daß die Kraft AB mit KL multiplicirt gleich ist der Kraft CD mit KM multiplicirt; oder weil man das Product einer Kraft in ihre Entfernung vom Unterstützungs-Puncte ihr Moment heißt: die Momente der Kräfte müssen einander gleich seyn.

Dieser Satz läßt sich auch umkehren, und man kann sagen, so oft die Momente der Kräfte einander gleich sind, und der Punct K unterstützt ist, herrscht Gleichgewicht.

18.

Wenn zwei Kräfte AB und CD (Fig. 7), die auf die zwei Puncte A und C wirken, parallel nach derselben Richtung ziehen, so ist die Mittelkraft ihrer Summe gleich, mit ihnen parallel und schneidet die Linie AC in einem Puncte E, der so gelegen ist, daß sich AB zu CD verhält, wie EC zu AE; oder daß das Product aus AB in AE gleich ist dem Producte aus CD in EC.

Von den hier angeführten zwei Sätzen werden in der Folge viele Anwendungen vorkommen.

Zweiter Abſchnitt.

Von den bewegenden Kräften insbeſondere.

Erſtes Kapitel.

Schwere und Druck.

A. Schwere und Druck überhaupt.

19.

Alle Körper fallen zur Erde, wenn man ihnen die Unterlage entzieht, oder ſie üben, wenn ſie im Fallen gehindert werden, einen Druck auf die Unterlage aus. Man ſagt daher ſie ſeyen ſchwer. Wenn auch einige wie z. B. der Rauch, ſtatt zu fallen, aufwärts ſteigen, ſo darf man deshalb doch nicht meinen, ſie ſeyen nicht ſchwer; denn man ſpricht doch auch einem Stücke Korkholz die Schwere nicht ab, weil es im Waſſer aufwärts ſteigt, ſondern es muß dieſes auf Rechnung anderer Kräfte kommen, die der Schwere entgegen wirken.

20.

Die Richtung der Schwere wird durch einen biegſamen Faden angezeigt, der durch einen ſchweren Körper geſpannt iſt; man nennt ſie die verticale und die auf ihr ſenkrechte die horizontale Richtung. Werkleute benützen den

gerade erwähnten Umstand, um mittelst eines frei hängenden unten beschwerten Fadens den verticalen Stand einer Mauer oder eines andern Gegenstandes zu beurtheilen, wohl auch um zu erkennen, ob eine Fläche horizontal sey oder nicht. Sie bedienen sich dazu der sogenannten Schrott- oder Bleiwage.

Diese besteht aus einem gleichschenkligen dreieckigen hölzernen Rahmen (Fig. 8) ABC, aus dessen Spitze A ein biegsamer Faden herabhängt, dessen Ende gewöhnlich eine Bleikugel trägt. Die gegenüberstehende Seite BC hat genau in ihrer Mitte eine feine bezeichnete Linie und unterhalb eine Höhlung, in welcher die Kugel hinlänglich Platz hat. Stellt man nun BC auf eine zu untersuchende Ebene, so wird die Schnur die Linie auf BC decken, wenn die Ebene horizontal ist; widrigens aber nach jener Seite abweichen, welche niedriger steht.

21.

In nicht weit von einander entfernten Oertern sind die Richtungen der Schwere gleichlaufend, bei großen Entfernungen hingegen neigen sie sich nach unten zu gegen einander. Man benützt den ersten Umstand, um zu mancherlei Zwecken gleichlaufende Stangen in die Erde zu stecken, wohl auch, um die Wände der Gebäude parallel zu machen.

22.

Im luftleeren Raume fallen alle Körper gleich schnell, und jeder legt in der ersten Secunde ungefähr 15 $\frac{1}{2}$ Fuß zurück; sie sind daher auch gleich schwer. In der Luft ist dieses nicht der Fall, weil einer ihren Widerstand leichter überwindet als der andere. Man darf nicht glauben, daß, weil alle

Zweiter Abſchnitt.

Von den bewegenden Kräften insbeſondere.

Erſtes Kapitel.

Schwere und Druck.

A. Schwere und Druck überhaupt.

19.

Alle Körper fallen zur Erde, wenn man ihnen die Unterlage entzieht, oder ſie üben, wenn ſie im Fallen gehindert werden, einen Druck auf die Unterlage aus. Man ſagt daher ſie ſeyen ſchwer. Wenn auch einige wie z. B. der Rauch, ſtatt zu fallen, aufwärts ſteigen, ſo darf man deshalb doch nicht meinen, ſie ſeyen nicht ſchwer; denn man ſpricht doch auch einem Stücke Korkholz die Schwere nicht ab, weil es im Waſſer aufwärts ſteigt, ſondern es muß dieſes auf Rechnung anderer Kräfte kommen, die der Schwere entgegen wirken.

20.

Die Richtung der Schwere wird durch einen biegſamen Faden angezeigt, der durch einen ſchweren Körper geſpannt iſt; man nennt ſie die verticale und die auf ihr ſenkrechte die horizontale Richtung. Werkleute benützen den

gerade erwähnten Umstand, um mittelst eines frei hängenden unten beschwerten Fadens den verticalen Stand einer Mauer oder eines andern Gegenstandes zu beurtheilen, wohl auch um zu erkennen, ob eine Fläche horizontal sey oder nicht. Sie bedienen sich dazu der sogenannten Schrott- oder Bleiwage.

Diese besteht aus einem gleichschenkligen dreieckigen hölzernen Rahmen (Fig. 8) ABC, aus dessen Spitze A ein biegsamer Faden herabhängt, dessen Ende gewöhnlich eine Bleikugel trägt. Die gegenüberstehende Seite BC hat genau in ihrer Mitte eine feine bezeichnete Linie und unterhalb eine Höhlung, in welcher die Kugel hinlänglich Platz hat. Stellt man nun BC auf eine zu untersuchende Ebene, so wird die Schnur die Linie auf BC decken, wenn die Ebene horizontal ist; widrigens aber nach jener Seite abweichen, welche niedriger steht.

21.

In nicht weit von einander entfernten Oertern sind die Richtungen der Schwere gleichlaufend, bei großen Entfernungen hingegen neigen sie sich nach unten zu gegen einander. Man benützt den ersten Umstand, um zu mancherlei Zwecken gleichlaufende Stangen in die Erde zu stecken, wohl auch, um die Wände der Gebäude parallel zu machen.

22.

Im luftleeren Raume fallen alle Körper gleich schnell, und jeder legt in der ersten Secunde ungefähr 15 $\frac{1}{2}$ Fuß zurück; sie sind daher auch gleich schwer. In der Luft ist dieses nicht der Fall, weil einer ihren Widerstand leichter überwindet als der andere. Man darf nicht glauben, daß, weil alle

Körper gleich schwer sind, alle einen gleichen Druck auf ihre Unterlage ausüben müssen; denn es zweifelt wohl niemand daran, daß, wenn mehrere Menschen nach irgend einem Ziele hineilen, sie daselbst nicht eher anlangen werden, als wenn deren nur ein einziger gewesen wäre; und doch weiß man, daß mehrere auf irgend einen Widerstand kräftiger einwirken können, als ein einzelner. Eben so verhält es sich mit der Schwere und mit dem Gewichte; denn der Raum, den ein Köper vom Anfange der Bewegung an in einer gewissen Zeit z. B. in einer Secunde zurücklegt, gibt das Maß der Schwere, während der Druck, den er auf seine Unterlage ausübt, sein Gewicht mißt.

Freier Fall schwerer Körper.

23.

Wenn ein schwerer Körper von einer nicht gar großen Höhe herabfällt, so wirkt die Schwere beständig mit gleicher Stärke auf ihn ein, und erzeugt in jedem Augenblicke eine neue Geschwindigkeit unabhängig von der, welche er schon besitzt, so daß er eine gleichförmig beschleunigte Bewegung annimmt. In dieser Bewegung verhalten sich immer die Räume, welche in gewissen Zeiten zurückgelegt werden, wie die Quadrate dieser Zeiten. Da nun bekannt ist, daß ein jeder Körper in der ersten Secunde $15\frac{1}{2}$ Schuh macht, so braucht man diese Zahl nur mit dem Quadrate der Zeit, in Secunden ausgedrückt, zu multipliciren, um zu erfahren, wie viel Fuß er in ihr zurücklegt. So findet man, daß die Fallhöhe in 2 Secunden $= 15\frac{1}{2} \times 4 = 62$, in 3 Secunden $15\frac{1}{2} \times 9 = 139\frac{1}{2}$ Fuß betragen muß. Die nach Verlauf

einer gewiſſen Zeit erlangte Geſchwindigkeit wird gefunden, wenn man dieſe Zeit mit 31 multiplicirt, d. h. mit der doppelten Fallhöhe in der erſten Secunde. Die Tafel I enthält in der zweiten Columne die Geſchwindigkeiten, welche ein Körper erlangt, wenn er den in der erſten Columne angezeigten Weg zurückgelegt hat. Indeß gelten dieſe Geſetze nur für den freien Fall im luftleeren Raume; in der Luft iſt ſowohl die erlangte Geſchwindigkeit, als die Fallhöhe, bedeutend kleiner, als dieſe Rechnungen angeben.

Fall über eine ſchiefe Ebene.

24.

Fällt ein ſchwerer Körper über eine ſchiefe Ebene, d. i. über eine ſolche, die mit der horizontalen einen ſpitzen Winkel macht, ſo wird ein Theil der Schwere durch den Widerſtand dieſer Ebene aufgehoben, und der Körper bewegt ſich auf ihr zwar gleichförmig beſchleunigt, aber mit geringerer Geſchwindigkeit, als im freien Falle. Wäre AC (Fig. 9) ein Durchſchnitt einer ſchiefen Ebene, BC eine horizontale (Baſis), AB eine verticale Linie (Höhe) und ACB der Winkel, den AC mit BC macht, ſo wird ein ſchwerer Punct D auf der ſchiefen Ebene durch die Schwere nach der Richtung Dx herabgezogen. Iſt DE die Größe der Schwere, ſo muß man ſie in zwei Kräfte DF und DG zerlegen, wovon DF auf AC ſenkrecht iſt, und daher durch den Widerſtand der Ebene aufgehoben wird; während DG mit ihr parallel läuft, und das Herabgleiten des ſchweren Punctes D bewirkt. Man ſieht leicht, daß DG kleiner iſt, als DE, und daß daher der Punct über die ſchiefe Ebene langſamer fallen wird, als er frei ge-

fallen wäre. Indeß erlangt er doch, wenn er AC zurück gelegt hat, dieselbe Geschwindigkeit, als wenn er frei durch AB gefallen wäre.

Bewegung eines Pendels.

25.

Denkt man sich an einer nicht schweren um eine Axe beweglichen Linie einen schweren Punct, so hat man einen Begriff von dem, was man ein *einfaches Pendel* heißt. Es ist wohl klar, daß es in der Natur kein einfaches Pendel geben kann; weil da nur schwere Körper, aber nicht einzelne von einander getrennte schwere Puncte vorkommen; doch kann man eine kleine Kugel, die an einem leichten hinlänglich langen Faden hängt, ohne Fehler für ein einfaches Pendel ansehen.

26.

Hat ein solches Pendel in A (Fig. 10) die Axe, in B den schweren Punct, so wird es ruhen, so lange es in der verticalen Lage AB bleibt. So wie es aber um etwas weniges z. B. um den Winkel BAC gehoben wird, so, daß B nach C kommt, so wird es durch die Schwere nach AB zu getrieben. Denkt man sich die Wirkung der Schwere durch die verticale Linie CD ausgedrückt, so kann man sich vorstellen, als wenn C von zwei Kräften CE und CF getrieben würde, wovon die erste auf AC senkrechte eine Bewegung nach B, die zweite mit AC parallele einen Druck auf die Axe verursacht. Ist nun das Pendel in B angekommen, so kann es doch wegen der schon einmahl erlangten Geschwindigkeit nicht ruhen, sondern es muß nach der entgegengesetzten Rich-

tung aufwärts steigen, bis es eine Höhe erreicht hat, die der von C gleich kommt. Da aber hier wieder derselbe Fall eintritt wie damahls, als das Pendel bis C gehoben war, so muß es wieder abwärts sinken, und so hin und her schwingen. Dieses würde ohne Ende fortdauern, wenn es keine Hindernisse der Bewegung gäbe; aber die Reibung an der Axe und der Widerstand der Luft machen den Schwingungen bald ein Ende.

27.

Heißt man die Bewegung von dem höchsten Puncte, den das Pendel erreicht, bis zum entgegengesetzten eine Schwingung oder Oscillation, so findet man für das einfache Pendel folgende Schwingungsgesetze:

1. In demselben, oder in nicht weit von einander entfernten Oertern, verhalten sich die Quadrate der Schwingungszeiten, wie die Längen der Pendel.
2. Unter denselben Umständen verhalten sich die Quadrate der Anzahlen von Schwingungen, welche in derselben Zeit gemacht werden, verkehrt wie die Längen der Pendel.

Zwei Pendel, deren eines 1, das andere 2 Fuß lang ist, schwingen in Zeiten, die sich verhalten wie 1 zu 4, oder das erste macht 4 Schwingungen, während das zweite eine einzige vollbringt.

28.

Ein zusammengesetztes Pendel hat mehrere schwere Puncte, es besteht daher aus so vielen einfachen, als es schwere Puncte enthält. Da diese eine verschiedene Entfernung von der Axe haben, so bilden sie Pendel von verschiedener Länge, die daher ihre Schwingungen für sich

in ungleichen Zeiten machen würden, wenn sie getrennt existirten. Wegen des Zusammenhanges der Theile werden aber die kürzeren durch die längeren verzögert, und diese durch jene beschleunigt; deßhalb muß es in jedem zusammengesetzten Pendel einen Punct geben, dessen Entfernung von der Axe so groß ist, als die Länge eines einfachen Pendels, das mit ihm gleichzeitig schwingt. Dieser heißt der Schwingungspunct. Man findet seine Entfernung von der Axe, wenn man ein einfaches Pendel so lange verlängert oder verkürzt, bis es mit dem zusammengesetzten gleichzeitig schwingt, und dann seine Länge mißt. Da sich auf diese Art jedes zusammengesetzte Pendel auf ein einfaches bringen läßt, so müssen die für diese aufgestellten Gesetze auch für jene in ihrem ganzen Umfange gelten.

29.

Das Pendel wird mit größtem Vortheile als Zeitmesser gebraucht. Es dient dazu um so mehr, je gleichzeitiger seine Schwingungen sind. Dieses ist wieder desto mehr der Fall, je kleiner seine Ausschlagswinkel sind, und je unveränderlicher seine Länge ist. Den Ausschlagswinkel klein zu machen, steht in der Macht des Mechanikers; aber zu bewirken, daß ein Pendel stets gleich lang bleibe, das ist nicht so leicht, weil es durch die Wärme verlängert, durch die Kälte verkürzt wird; mithin im ersten Falle langsamer, im zweiten schneller schwingt. Um diesem Uebel so viel als möglich abzuhelfen, nimmt man zu Pendelstangen nur solches Material, das sich durch die Wärme sehr wenig ausdehnt, wie z. B. trockenes und überfirnißtes Holz, wohl auch überfirnißtes Glas; oder man setzt es aus zwei verschiedenen Materialien zusammen, die

sich um ungleiche Größen ausdehnen, und indem sie einander entgegenwirken, ein stets gleich langes Pendel geben.

Man nennt solche Pendel Compensationspendel. Eines der gebräuchlichsten, wenn auch nicht besten, ist das Rostpendel. Fig. 11 stellt es vor. ABCD ist ein eiserner Rahmen, der an der Stange EF aufgehängt wird; die ebenfalls eiserne Pendelstange GH ist aber nicht unmittelbar an diesen Rahmen befestiget, sondern mittelst eines zweiten kleineren Rahmens KLMN aus Kupfer mit ihr verbunden. Die Compensation wird leicht begreiflich, wenn man weiß, daß sich das Kupfer bei derselben Wärmezunahme mehr ausdehnt, als das Eisen, und zwar im Verhältnisse wie 5:3. Wie nun die Temperatur steigt, so dehnt sich der eiserne Rost ABCD, EF und GH aus, und wird länger; zu gleicher Zeit verlängert sich auch der kupferne Rahmen, und bewirkt dadurch wieder ein Aufsteigen der Pendelstange. Sind nun die kupfernen und eisernen Stangen von gerechter Länge, so wird die Verlängerung des Eisens durch die Erhöhung des Kupfers aufgehoben, und die Pendellänge bleibt unverändert.

An unseren gewöhnlichen Wand- und Stockuhren ist das Pendel der Haupttheil, und die schnellere oder langsamere Bewegung des Räderwerks hängt von ihm ab. Dieses wird nämlich durch ein Gewicht oder durch die Kraft einer elastischen Feder zur Bewegung bestimmt; aber die Bewegung kann nur Statt finden, wenn das Pendel aus der Verbindung mit dem Räderwerke kommt, welches bei jeder Schwingung eintritt. Hat z. B. das Pendel, wie es häufig der Fall ist, am Ende A (Fig. 12) einen Haken ab, dessen Arme

a und b in die Zähne des Rades C eingreifen, so kann sich das Rad nicht bewegen, so lange das Pendel in der verticalen Lage steht; wie es sich aber nach einer Seite neigt, so tritt der auf der entgegengesetzten Seite befindliche Haken aus dem Zahne heraus, und gestattet dem Räderwerke so lange sich zu drehen, bis der Haken auf der anderen Seite wieder an einen Zahn ansteht. Man kann es sich aus dem bisher Erwähnten erklären, warum bei übrigens gleichen Umständen so viel auf die Gleichheit der Zähne des Rades C ankommt, und warum überhaupt Uhren mit langen und wenig ausschlagenden Pendeln besser sind, als die mit kurzen und weit ausschlagenden.

30.

Der oscillirenden Bewegung eines Pendels bedient man sich auch, um Maschinen, z. B. Pumpwerke, in Bewegung zu setzen. Es bedarf, wenn es hinlänglich massiv ist, nur eines Stoßes, um einen Schwung zu machen, und dabei eine Kolbenstange heraufzuziehen, und wieder hinabzustoßen. Unsere Glocken sind auch nur Pendel, die desto langsamer schwingen, und desto schwerer bewegt werden können, je größer sie sind; besonders, wenn man sie auf die gewöhnliche Weise aufhängt. Viel leichter läßt sich eine Glocke regieren, wenn man sie so aufhängt, daß ihre Axen seitwärts an sie zu stehen kommen, wie Fig. 13 zeigt. Man muß aber dabei wohl darauf Acht haben, daß dadurch ja die Glocke und der Klöppel nicht gleichzeitig schwingende Pendel werden; denn da könnten sie neben einander schwingen, ohne an einander zu stoßen.

Bewegung beim Wurfe.

31.

Wenn ein schwerer Körper vertical aufwärts oder abwärts gestoßen wird, so ändert dieses allerdings seine Geschwindigkeit, aber er bleibt in seiner verticalen geradlinigen Bahn; wirkt aber eine solche Kraft nicht vertical, so wird auch seine Bahn krummlinig, und es finden in diesem Falle ganz besondere Gesetze der Bewegung Statt.

Würde z. B. der Körper A (Fig. 14) nach Ax durch irgend eine Kraft, z. B. durch einen Wurf getrieben, während ihn die Schwere nach Ay abwärts zieht, so kann man seine Bahn auf folgende Weise finden: Es komme der Körper durch die Wurfkraft in einer gewissen Zeit von A nach B, in der nächst folgenden eben so großen nach C, in der dritten nach D; ferner durch die Schwere in der ersten genannten Zeit nach b, in der zweiten nach c, in der dritten nach d, wo Ad = 9Ab, AC = 4Ab seyn muß, weil diese Räume wie die Quadrate der Zeiten wachsen. Verzeichnet man die Parallelogramme ABEb, ACFc, ADGd, so ist AEFG die Bahn des Körpers. Die Entfernung des Punctes, wo der Körper ausgeht bis dahin, wo er wieder niederfällt, heißt seine Wurfweite. Diese ist bei übrigens gleichen Umständen desto größer, je stärker die Wurfkraft wirkt. Bei gleicher Wurfkraft ist die Wurfweite am größten, wenn der Winkel, den die Richtung dieser Kraft mit dem Horizonte macht, einem halben rechten gleich ist.

32.

Die betrachtete Bewegung findet bei einer aus einem

Rohre geschossenen Kugel Statt. Diese geht nie in gerader Linie zum Ziele, sondern sinkt beständig während des Laufes; nur beträgt dieses bei einer geringen Entfernung des Zieles und bei der ungemein großen Geschwindigkeit der Kugel sehr wenig. So legt eine Kugel, die aus einer österr. Militär Muskete abgeschossen wird, in einer Secunde vermög der Kraft des Pulvers 1200 Fuß zurück. Wird daher auf ein Ziel geschossen, welches 400 Fuß entfernt ist, so braucht die Kugel dazu $\frac{1}{3}$ Secunde, und in dieser Zeit sinkt sie durch die Schwere nur um $15\frac{1}{2} : 9 = 1\frac{7}{10}$ Fuß. Auf dieses Sinken der Kugel wird auch schon beim Zielen gerechnet, wiewohl unvermerkt; denn, wenn AB (Fig. 15) das Rohr ist, ab seine Axe, c das Auge des Schützen, d das Absehen, und man zielt auf den Punct e, so müßte die Kugel, wenn sie nicht schwer wäre, nach ab fortgehen, und den Punct f des Zieles treffen. Die Kugel kann daher um das Stück ef sinken, und wird doch im vermeinten Zielpuncte anlangen. Aus diesem erkennt man auch leicht den Einfluß der Pulvermenge, der Lage des Auges und des Absehens gegen einander, und der schraubenförmigen Windungen des Laufes auf die Sicherheit eines Schusses. Je länger nämlich der Lauf ist, desto länger wird die Kugel von der Kraft des Pulvers beschleunigt, desto mehr wächst ihre Geschwindigkeit. Gibt man dem Rohre inwendig ein Schraubengewinde, so nöthigt man die Kugel durch dasselbe einen Umweg zu machen, und man erreicht mit einem kürzeren Rohre denselben Zweck, wie mit einem längeren. Es hat aber auch dieser Zug des Rohres auf die Richtigkeit des Schusses einen Einfluß.

Gewicht.

33.

Der Druck, den ein Körper vermöge seiner Schwere auf eine Unterlage ausübt, heißt sein Gewicht. Dieses ist von der Schwere wohl zu unterscheiden, und als die Summe aller Schwerkräfte der Theile eines Körpers anzusehen; wiewohl man diesen Unterschied im gemeinen Leben fast nie beachtet, und häufig statt Gewicht den Ausdruck Schwere braucht. Weil jedes materielle Theilchen eines Körpers schwer ist, und daher einen Druck ausübt, so nimmt das Gewicht eines Körpers in demselben Verhältnisse zu, wie die Menge der Materie, die er enthält, wächst. Deßhalb ist das Gewicht der Maßstab der Menge der Materie eines Körpers, d. i. seiner Masse.

Das Gewicht eines Körpers ist entweder ein absolutes oder ein eigenthümliches (specifisches). Unter dem absoluten Gewichte versteht man den Druck, den ein Körper auf seine horizontale Unterlage ausübt, ohne Rücksicht auf den Raum, welchen er einnimmt. Unter dem eigenthümlichen Gewichte versteht man den Druck, welchen ein Körper von einem bestimmten Rauminhalte ausübt. Sagt man z. B. dieser oder jener Körper wiegt 100 Pf., so bestimmt man sein absolutes Gewicht; sagt man aber, ein Kubikfuß davon wiegt 100 Pf., so drückt man damit sein eigenthümliches Gewicht aus. Der Ausdruck des letzteren ist etwas unbequem, weil man nebst dem Gewichte auch noch den Rauminhalt benennen muß. Um ihn abzukürzen gibt man gewöhnlich nur die Zahl an, welche anzeigt, wie vielmahl das Gewicht eines Wasserkörpers von gewisser Größe in dem Gewichte ei-

nes Körpers von derselben Größe enthalten sey. So sagt man z. B. das eigenthümliche Gewicht des Eisens ist 8, d. h. ein Stück desselben wiegt 8mahl so viel, als ein gleich großer Wasserkörper. Weiß man nun, daß ein Kubikfuß Wasser 56 $\frac{1}{2}$ Pf. wiegt, so kann einem nicht entgehen, daß ein Kubikfuß Eisen $8 \times 56\frac{1}{2} = 452$ Pf. wiegt. Mit dem eigenthümlichen Gewichte eines Körpers nach der letzteren Bezeichnung ist das einerlei, was man Dichtigkeit heißt. Man sagt daher eben so gut: das Eisen ist 8mahl dichter als Wasser, als man sagt, es habe ein 8mahl größeres specifisches Gewicht als dieses.

Schwerpunct.

34.

Da jeder Körper aus lauter schweren Theilen besteht, die nach parallelen Richtungen durch die Schwere abwärts gezogen werden, so muß aus allen diesen Kräften eine Mittelkraft hervorgehen, die dem Gewichte des Körpers gleich ist. Die verticale Linie, welche die Lage dieser Kraft bezeichnet, heißt man den Durchmesser der Schwere, und einen Punct in ihr, der unverändert bleibt, wenn sich der Körper wie immer dreht, seinen Schwerpunct. In diesem Puncte kann man sich das ganze Gewicht eines Körpers vereinigt vorstellen.

35.

Man kann den Schwerpunct eines Körpers durch Rechnung und durch die Erfahrung finden. Die letztere Methode, die hier allein Platz finden kann, besteht darin, daß man den zu untersuchenden Körper zugleich mit einem bieg-

samen Faden, der durch eine kleine Kugel gespannt wird, in zwei verschiedenen Puncten, die einander nicht gerade entgegen gesetzt sind, aufhängt, und jedesmahl die Richtung des Fadens auf dem Körper anmerkt. Der Durchschnittspunct dieser Richtungen zeigt die Lage des Schwerpunctes.

36.

Weil im Schwerpuncte eines Körpers das ganze Gewicht desselben vereiniget ist, so muß ein Körper, dessen Theile so stark zusammenhängen, daß sie sich nicht durch ihre bloße Schwere von einander trennen, gegen das Fallen geschützt seyn, wenn sein Schwerpunct unterstützt ist, und im Gegentheile fallen, wenn man dem Schwerpuncte seine Stütze entzieht.

Hieraus begreift man, daß ein Gebäude ganz schief stehen, und doch hinlänglich fest stehen kann, wie dieses bei den Thürmen in Pisa und Bologna der Fall ist; daß aber oft ein Gebäude durch Entrückung eines einzigen Steines zum Fallen gebracht werden kann. Hieraus erklärt sich auch die Nothwendigkeit sich vorwärts zu neigen, wenn man am Rücken eine Last trägt, von einem Sitze aufsteht, oder auf einem Pferde sitzt, das hoch aufsteigt; im Gegentheile aber sich nach rückwärts zu beugen, wenn eine solche Last vorne angebracht ist. Eben so deutlich ergibt sich die Nothwendigkeit sich seitwärts zu neigen, wenn man auf der entgegengesetzten Seite eine Last trägt, oder den Fuß hebt, und daß daher eine geschlossene Reihe von Menschen auch nur dann beim Gehen geschlossen bleiben kann, wenn alle mit demselben Fuße zugleich austreten. Das Balanciren, die Einrich-

tung eines Kegels, der scheinbar aufwärts steigt, des See-Compasses, der bei allen Schwankungen eines Schiffes in Ruhe bleibt u. d. m. beruhen auf dem Satze, daß ein Körper nur dann ruht, wenn sein Schwerpunct unterstützt ist.

Stabilität.

37.

Die Kraft, mit welcher ein Körper dem Umfallen widersteht, heißt seine Standfähigkeit oder Stabilität. Man kann sich leicht überzeugen, daß diese bei einem Körper desto größer sey, je größer sein Gewicht ist, je niedriger sein Schwerpunct liegt, und je weiter der Durchmesser der Schwere von der Kante absteht, um die ihn eine Kraft drehen will. Was den ersten Punct anbelangt, so sieht man leicht ein, daß ein größeres Gewicht bei übrigens gleichen Umständen auch eine größere Kraft braucht, um von ihr überwältiget zu werden. In Betreff des zweiten und dritten stelle man sich den Körper ABCD (Fig. 16) vor. Dieser wird gegen AB nur dann umfallen, wenn er so weit geneigt wird, daß sein Durchmesser der Schwere Gx über AB hinausfällt. Ist nun G sein Schwerpunct, so ist GBA die Gränze der Neigung, die er nicht überschreiten darf, wenn er nicht umschlagen soll; liegt aber sein Schwerpunct in g, so ist derselbe Winkel gBA, mithin größer, als der vorige. Bliebe G in derselben Höhe, käme aber in eine größere Entfernung von AB, z. B. nach G′, so wäre dieser Winkel G′AB, mithin auch hier größer als GAB.

38.

Diese Grundsätze muß man vor Augen haben, wenn

man Körper so einrichten will, daß sie einen festen Stand haben. Daher muß man bei der Belastung eines Wagens immer die schwerere Last zu unterst legen, weil dadurch der Schwerpunct näher an den Boden fällt; daher fallen die mit Heu oder Garben oder mit anderen Dingen von geringer Dichte beladenen Wägen, deren Schwerpunct hoch über dem Boden liegt, so leicht um; aus demselben Grunde fallen auch schmal gestellte und für Landwege eingerichtete Wägen leichter als jene, die eine der Poststraße gemäße Breite haben. Hierin liegt auch der Grund, warum man Hausgeräthe, die hoch und schmal sind, mit ausgebogenen Füßen versieht, oder am Boden derselben eine dichtere Masse, z. B. Blei eingießt; warum sich Fechter, oder alle jene, die einem Anfalle entgegensehen, mit den Füßen weit auseinander stellen, oder sich etwas verkürzen oder neigen.

39.

Sehr nützliche Anwendungen gestattet diese Lehre auf die Baukunst. Man findet die Stabilität einer verticalen Mauer nach der vorhin gegebenen Regel, wenn man ihr Gewicht mit ihrer Länge und mit dem Quadrate ihrer Dicke multiplicirt, und überzeugt sich auf diese Art, daß Steinmauern mehr Standfähigkeit haben als Ziegelmauern, daß ungleich hohe Mauern aus demselben Materiale doch eine gleiche Stabilität haben, und daß bei übrigens gleichen Umständen die Stabilität einer Mauer 4 oder 9mahl so groß ist, als die einer anderen, wenn sie 2 oder 3mahl dicker ist, als jene. Eine Mauer, die doppelt so stabil seyn soll, als eine andere gleich lange, darf nur um $\frac{1}{2}$ dicker seyn.

Den angeführten Grundsätzen gemäß kann man auch die

Stabilität einer Mauer vergrößern, ohne ihre Masse zu vermehren, indem man sie minder dick macht, aber dafür mit Strebepfeilern an der Seite versieht. Man kann so eine Mauer um $\frac{1}{3}$ stabiler machen, ohne deshalb mehr Materiale dazu zu verwenden. Vergleicht man eine Mauer mit trapezförmigen Wänden mit einer, die parallele Wände hat und gleich viel Material enthält, so findet man immer die erstere stabiler. Deßhalb zieht man oft jene Form der ersteren vor.

40.

Die Anwendung des Gewichtes eines festen Körpers als bewegende Kraft ist sehr beschränkt, und nur in wenigen Fällen vortheilhaft; denn, wenn man es anwendet, um irgend eine Bewegung hervorzubringen, so sinkt es selbst immer mehr abwärts, und muß immer nach einiger Zeit wieder empor gehoben werden. Ist das Gewicht groß, so braucht man dazu wieder eine große Kraft; sinkt es schnell, so muß man es innerhalb einer kurzen Zeit oft heraufziehen. Es ist daher ein solches Gewicht nur dann als bewegende Kraft zu empfehlen, 1. wenn es gering seyn kann, und dabei doch langsam sinket, wie dieses bei unseren Wanduhren der Fall ist. 2. Wenn einem eine Kraft zu Gebothe steht, die der Schwere einige Zeit entgegen wirkt, und hernach wieder nachläßt, wie wir dieses an einigen Dampfmaschinen sehen werden, an denen ein Kolben durch die Dämpfe in die Höhe getrieben wird, und dann, wenn er die rechte Höhe erreicht hat, und die Dämpfe zu Wasser geworden sind, durch sein eigenes Gewicht wieder herabsinkt.

Wo diese beiden Bedingungen Statt haben, da ist der

Gebrauch der Gewichte sehr vortheilhaft, weil sie eine wohlfeile und ganz beständige Kraft abgeben.

B. Schwere und Druck des Wassers.

41.

Wenn vom Drucke einer Flüssigkeit, z. B. des Wassers die Rede ist, so muß man immer zwei Fälle unterscheiden; nämlich den, wo es sich darum handelt, welche Kraft das Wasser durch sein Gewicht auf einen Körper ausübt, mit dem es in mittelbarer oder unmittelbarer Verbindung steht, oder welchen Druck es auf irgend einen Theil seines Gefäßes ausübt. Im ersten Falle kommt nur sein Gewicht in Anschlag. So wirket z. B. an einer Uhr ein Gewichtszusatz von 1 Pf. auf gleiche Weise, er mag nun in Eisen, Blei oder Wasser bestehen. Anders verhält es sich im zweiten Falle; denn da hängt der Druck nicht allein von der Menge der Flüssigkeit ab; ja es kann geschehen, daß eine geringe Menge Wasser einen viel größeren Druck ausübet, als eine doppelt oder zehnmahl größere.

42.

Die Ursache dieser sonderbaren Erscheinung liegt in der leichten Beweglichkeit der Theile eines flüssigen Körpers, durch die er sich von den festen wesentlich unterscheidet. Man überzeugt sich von dieser ungemein leichten Beweglichkeit der Theile auf folgende Weise: Stecket man die Hand oder einen Finger in weichen Thon, so bleibet die Vertiefung auch, nachdem man die Hand zurückgezogen hat; thut man dasselbe mit Sand, dessen Theile beweglicher sind, als die des Thones, so bleibt wohl auch noch eine Spur; aber ein Theil

hört, und dieſes Product wieder mit dem ſpecifiſchen Gewichte des Waſſers.

Hierauf gründet ſich Wolfs anatomiſcher Heber. Dieſer beſteht aus einer langen engen Röhre AB (Fig. 19), die ſich in A trichterförmig erweitert, unten horizontal ausgeht, und endlich ſich mit einem weiten Gefäße endiget, das oben in CD mit einer Blaſe verſchloſſen iſt. Man kann ſtatt der Blaſe auch einen Kolben anbringen, und dann dieſe Vorrichtung als Wage brauchen, wie dieſes in Frankreich geſchieht; denn es iſt klar, daß, wenn die untere Fläche des Kolbens die Lage CD hat, und das Waſſer in AB bis E reicht, daſſelbe bis F ſteigen wird, wenn man den Kolben durch ein Gewicht herabdrückt, und man ſieht ein, daß man aus der Höhe der Säule in AB immer auf die Größe des Gewichtes, das auf den Kolben gelegt wurde, einen Schluß wird machen können.

46.

Wenn das Waſſer in der Röhre AB nur bis E reicht, und dann ſo viel zugegoſſen wird, daß es bei F ſteht, ſo wird dadurch der Druck auf CD um ſo viel vermehrt, als das Gewicht einer Waſſerſäule beträgt, die CD zur Baſis und EF zur Höhe hat. Derſelbe Zweck würde erreicht, wenn man ſtatt der Säule EF mittelſt eines Kolbens, der die Röhre waſſerdicht ſchließt, einen Druck auf E anbrächte, der dem Gewichte der Waſſerſäule EF gleich käme. Man kann hieraus einſehen, daß dieſer Druck ſo vielfach verſtärkt auf CD wirken wird, ſo vielmahl der Querſchnitt CD den der Röhre AB übertrifft. Auf dieſe Betrachtung iſt die ſogenannte Bramahſche Preſſe gebaut, die von Bramah in London im Jahre 1796 erfunden wurde, und nun in England zu den mannig-

faltigſten Zwecken mit dem größten Vortheile gebraucht wird, z. B. zum Heben ungeheurer Laſten; zum Ausladen der Schiffe; zum Zuſammenpreſſen der Waaren, Bücher u. d. m. Ihre Einrichtung iſt folgende: A und B (Fig. 20) ſind zwei verticale Gefäße, wovon das erſtere bedeutend weiter iſt, als das zweite, und die durch eine horizontale Röhre C mit einander verbunden ſind; a und b ſind zwei Kolben, die ſich in A und B auf und ab bewegen laſſen; c iſt die Kolbenſtange zu b, und d der zur leichteren Bewegung derſelben angebrachte Mechanismus; e iſt die Kolbenſtange zu a, f eine ſtarke Eiſenplatte, die mit dem Kolben zugleich gehoben oder geſenkt wird; DEF ein mit Waſſer gefülltes Gefäß, das B umgibt. B hat zwei Klappen g und h, wovon ſich erſtere von außen nach innen öffnet, und das Waſſer von FED in B dringen läßt, während h demſelben den Eintritt in die Röhre C, und dadurch in A geſtattet. Beide Klappen bleiben durch den Druck einer Feder geſchloſſen, bis ſie durch einen ſtärkern Druck nach der entgegengeſetzten Seite geöffnet werden.

So wie b gehoben wird, öffnet ſich durch den Druck des Waſſers und der Luft die Klappe g, und es tritt Waſſer in den Stiefel B; wird b wieder herabgedrückt, ſo drückt das Waſſer, welches nicht wieder aus B entweichen kann, auf die Klappe h, öffnet ſie, und tritt dadurch in C und A. Wenn dieſes einigemahl wiederhohlt worden iſt, ſo füllt ſich C und A mit Waſſer, und das Herabdrücken des Kolbens B bewirkt ein Aufſteigen des Kolbens A, und dadurch einen Druck auf einen Gegenſtand, der zwiſchen der Platte f und einer anderen feſten und unbeweglichen Platte h enthalten iſt. So

lange das Wasser aus dem Cylinder A nicht in das Gefäß DEF zurückgehen kann, dauert auch dieser Druck; kann aber das Wasser in das Gefäß DEF zurücktreten, so sinkt auch der Kolben A durch sein eigenes Gewicht, und der Druck hört auf. Das Zurückfließen bewerkstelliget man durch einen Hahn, der so gedreht werden kann, daß das Innere der Röhre C mit DEF in Communication tritt. Fig. 21 stellt diese Presse von Außen vor, wo sie gerade ein eingepreßtes Buch enthält. Ist z. B. der Durchmesser von A viermahl größer, als der von B; so bewirkt ein Druck von 400 Pf. auf B, einen Druck von $16 \times 400 = 6400$ Pf. auf A; denn unter obiger Voraussetzung ist der Querschnitt von B sechszehnmahl größer, als der von A. Einen solchen Druck kann man mittelst einer Vorrichtung, die in der Folge unter dem Namen eines Hebels vorkommen wird, mit beiden Händen leicht ausüben.

In England schätzt man bei gewöhnlichen Pressen dieser Art die Kraft, welche ein Mensch ausüben kann, auf 50 Ctn.

47.

Auf der Größe des Wasserdruckes beruhen auch die sogenannten Wassersäulenmaschinen, wovon eine von Hell angegeben wurde, die man vorzüglich in Bergwerken braucht, um das Wasser aus den Gruben herauszuheben. Die Hell'sche Maschine stellt Fig. 22 vor. A ist die Röhre, welche das Druckwasser enthält, vertical steht, in B eine horizontale Richtung annimmt, und endlich in den verticalen Stiefel C übergeht, der beträchtlich weiter ist als A. In diesem Stiefel befindet sich ein Kolben D, der mit der Kol-

benſtange E verbunden iſt, ein hinreichendes Gewicht hat, und mittelſt Ketten mit der Vorrichtung FG zuſammenhängt, die ſich in G um eine horizontale Axe drehen kann. H iſt ein Hahn, der eine doppelte Bohrung hat: eine, welche ſenkrecht auf ſeiner Axe ſteht, und aus Fig. 23 erſichtlich iſt; eine andere, welche Fig. 24 vorſtellt. Durch die erſtere Bohrung kann der Hahn eine ſolche Stellung annehmen, daß das Waſſer von A nach C gelangt, durch die zweite eine ſolche, daß das in C enthaltene Waſſer wieder durch die unterhalb des Hahnes angebrachte Röhre I abfließt. Hat daher der Hahn die erſte Stellung, ſo tritt das Waſſer von A durch C unter den Kolben, und hebt ihn ſammt allem, was damit in Verbindung ſteht. Dahin gehören vorzüglich die Kolbenſtangen der Waſſerpumpen, die das Waſſer heben ſollen. K ſtellt eine ſolche Stange vor, und L die Röhre, in welcher ſie ſpielt, und wo das Waſſer gehoben wird. Dieſe Stange ſteht mit der Kolbenſtange E in Verbindung. Hat der Kolben einmahl den höchſten Stand erreicht, ſo nimmt der Hahn die zweite Stellung an; dadurch wird das Druckwaſſer in A abgeſperrt, und das in C enthaltene fließt durch I ab. Das ſinnreichſte an Hells Maſchine iſt der Mechanismus, mittelſt welchem der Hahnwechſel hervorgebracht wird. Um dieſes zu verſtehen, denke man ſich AB (Fig. 25) als eine Kolbenſtange einer Pumpe, die durch die Maſchine bewegt wird. Dieſe Stange hat an dem Theile, der neben dem Hahne H ſpielt, zwei Rollen C und D. Den Kopf des Hahnes H bildet ein Körper, der hornartig gebogen iſt, und die Rollen C und D in ſich faßt. In I enthält dieſer Theil eine ziemlich ſchwere Maſſe. Steigt nun der Kolben D, und hebt dadurch die

lange das Waſſer aus dem Cylinder A nicht in das Gefäß DEF zurückgehen kann, dauert auch dieſer Druck; kann aber das Waſſer in das Gefäß DEF zurücktreten, ſo ſinkt auch der Kolben A durch ſein eigenes Gewicht, und der Druck hört auf. Das Zurückfließen bewerkſtelliget man durch einen Hahn, der ſo gedreht werden kann, daß das Innere der Röhre C mit DEF in Communication tritt. Fig. 21 ſtellt dieſe Preſſe von Außen vor, wo ſie gerade ein eingepreßtes Buch enthält. Iſt z. B. der Durchmeſſer von A viermahl größer, als der von B; ſo bewirkt ein Druck von 400 Pf. auf B, einen Druck von $16 \times 400 = 6400$ Pf. auf A; denn unter obiger Vorausſetzung iſt der Querſchnitt von B ſechszehnmahl größer, als der von A. Einen ſolchen Druck kann man mittelſt einer Vorrichtung, die in der Folge unter dem Namen eines Hebels vorkommen wird, mit beiden Händen leicht ausüben.

In England ſchätzt man bei gewöhnlichen Preſſen dieſer Art die Kraft, welche ein Menſch ausüben kann, auf 50 Ctn.

47.

Auf der Größe des Waſſerdruckes beruhen auch die ſogenannten Waſſerſäulenmaſchinen, wovon eine von Hell angegeben wurde, die man vorzüglich in Bergwerken braucht, um das Waſſer aus den Gruben herauszuheben. Die Hell'ſche Maſchine ſtellt Fig. 22 vor. A iſt die Röhre, welche das Druckwaſſer enthält, vertical ſteht, in B eine horizontale Richtung annimmt, und endlich in den verticalen Stiefel C übergeht, der beträchtlich weiter iſt als A. In dieſem Stiefel befindet ſich ein Kolben D, der mit der Kol-

röhren, wovon B das Druckwasser unter den Kolben D des Cylinders C leitet und ihn hebt, während B′ dasselbe über ihn führt, und so sein Sinken bewerkstelliget. Damit aber sowohl das eine als das andere zu rechter Zeit eintreffe, dazu dienen die drei Kolben a, b, c, die an einer gemeinschaftlichen Stange befestiget sind, und der Hahn l mit seiner eigenen Bohrung. Steht dieser so, wie die Zeichnung zeigt, so kann das Wasser von B′ durch d nach k gelangen, den Kolben c heben, und das Wasser über ihm durch ef verdrängen. Mit dem Kolben c hebt sich auch der Kolben a und b. Ersterer gestattet dem Wasser durch B und n unter den Kolben D zu treten, und ihn hinauf zu treiben; letzterer öffnet m, und läßt das über dem Hauptkolben befindliche Wasser durch I und e abfließen. Sobald dieses geschehen, und die Kolbenstange des Kolbens D bis o gekommen ist, wird mittelst der Stange i der Hahn so gedreht, daß er die Communication herstellt, welche aus Fig. 27a klar wird. Es kann nämlich das Wasser von A durch d über den Kolben c treten, ihn herabdrücken, und zugleich das Sinken des Kolbens b und a bewirken. Ersterer gestattet dem Druckwasser den Zugang über den Kolben D, während a nach n kömmt, dem Druckwasser den Zutritt absperrt, und das in C befindliche durch e abfließen läßt.

Seitendruck.

50.

Der Druck des Wassers auf die Seitenwand eines Gefäßes ist nicht an allen Puncten gleich groß, sondern er wächst von oben nach unten, und beträgt im Ganzen so

viel, als das Product aus dem Flächenraume der gedruckten Wand in die Entfernung ihres Schwerpunctes von der Oberfläche des Waſſers, und in das ſpecifiſche Gewicht deſſelben. Wäre z. B. das Gefäß ABCDEFGH (Fig. 28) ganz mit Waſſer gefüllt, und betrüge die Höhe AC 4 Fuß und CD 2 Fuß, ſo wäre der Flächenraum ABCD = 8 Fuß, ſein Schwerpunct läge 2 Fuß tief unter der Oberfläche des Waſſers, und daher wäre der Druck auf ABCD = 8. 2. 56 $\frac{1}{2}$ = 904 Pf. Dieſe Berechnung iſt wichtig zum Behufe des Schleußen- und Wehrenbaues.

51.

In einem ſeitwärts verſchloſſenen Gefäße bringt der Seitendruck des Waſſers gar keine Bewegung hervor, wenn die Wände feſt genug ſind; weil der Druck, den eine Seite erleidet, und der es nach ſeiner Richtung fort zu bewegen ſucht, durch einen anderen Druck auf die entgegengeſetzte Seite im Gleichgewichte erhalten wird. So wie man aber an einem Theile der Seitenwand eine Oeffnung anbringt, durch welche das Waſſer ausfließen kann, ſo entſteht durch den Druck auf ein Stück der entgegengeſetzten Wand, das eben ſo groß iſt, als die Oeffnung, eine Bewegung nach einer Richtung, die der des ausſtrömenden Waſſers entgegengeſetzt iſt. Davon überzeugt man ſich, wenn man ein mit Waſſer gefülltes Gefäß ABCD (Fig. 29) an einem Faden EF aufhängt. So wie man in G eine Oeffnung macht, ſo neigt es ſich, und nimmt die Lage abcd an. Segner hat dieſes Geſetz auf ein Rad angewendet, das ſich durch die Wirkung des Seitendruckes um ſeine Axe dreht, und durch Fig. 30 vorgeſtellt wird. A iſt ein hohles cylindri-

sches Gefäß, BC seine Axe; a und b zwei Seitenröhren, die nach entgegengesetzten Richtungen gebogen sind. Wird Wasser in das Gefäß A gegossen, so fließt es durch die Seitenröhren a und b aus, und bewirkt durch den Druck auf das Knie dieser Röhren eine Umdrehung des Gefäßes um seine Axe BC. Barker hat dieses Rad zu einer Mühle benützt, die viel einfacher ist, als unsere gewöhnlichen Mahlmühlen, indem sie weder Rad noch Trilling hat, sondern gleich an der Axe des Segnerischen Cylinders den Laufer trägt.

Communicirende Gefäße.

52.

Gefäße, deren innere Räume mit einander in Gemeinschaft stehen, heißen **communicirende Gefäße**. In solchen steht eine im Gleichgewichte befindliche Flüssigkeit gleich hoch, ihre Weite und Gestalt mag wie immer beschaffen seyn, wenn nur nicht eines davon gar zu eng ist. Dieses läßt sich durch Versuche zeigen, folgt aber auch unmittelbar aus dem Satze 44 und 46; denn stellt ABC (Fig. 31) ein communicirendes Gefäß vor, so ist der abwärts und aufwärts gerichtete Druck einer Wassersäule auf den Querschnitt ab von ihrer Höhe abhängig. Soll nun Gleichgewicht seyn, so muß dieser Querschnitt eben so stark abwärts als aufwärts gedrückt werden, welches nur seyn kann, wenn in beiden Armen die Wassersäulen gleich lang sind, oder gleich hoch über ab stehen. Gießt man daher in den einen Arm etwas Wasser nach, so muß es auch im anderen Arme steigen.

53.

Man macht von dieſem Satze mancherlei Anwendungen. Bei unſern Oehllampen iſt immer das Oehlgefäß mit dem, worin der Docht ſteckt, in Gemeinſchaft; gießt man in jenes Oehl, ſo muß es daher auch in dieſem ſteigen, und zuletzt in beiden gleich hoch ſtehen. Wenn man bedenkt, daß die Erde in ihrem Innern voll Klüfte, Spalten und Gänge iſt, die mit einander in Gemeinſchaft ſtehen; ſo wird man wohl auch begreifen, daß in ihr das erwähnte Geſetz häufig Anwendung finden muß, indem ſie in ihrem Innern eine ſo große Waſſermenge verborgen hält. Unſere Brunnen ſind nichts anders als ein Theil eines ſolchen communicirenden Gefäßes, und das Waſſer ſteigt in ihnen nur ſo hoch, bis es mit dem in dem anderen Arme enthaltenen Waſſer dieſelbe Höhe hat. Deßhalb ſieht man bei der Wahl eines Ortes für einen anzulegenden Brunnen immer darauf, ob ſich in der Umgegend Berge befinden oder Oerter, die höher liegen als der Platz, wo der Brunnen gegraben werden ſoll; man berückſichtiget auch das Erdreich, in das man eingräbt, und hat beſonders gute Hoffnung, wenn man auf Granitfelſen kömmt, durch deren Spalten das Waſſer reichlichen Zugang findet. Wenn aber die oberen Erdſchichten Thon enthalten, ſo wird durch ſie das Waſſer öfters zurück gehalten, und es iſt gerade ſo, als wenn ein Arm eines communicirenden Gefäßes verſchloſſen wäre. Deßhalb muß man ſich oft lange durch ſolche Schichten hindurch arbeiten, ohne die Mühe durch Waſſerzufluß belohnt zu ſehen; nicht ſelten ereignet es ſich aber, daß nach Wegnahme einer ſolchen Schichte plötzlich das Waſſer mit Macht eindringt, und ſich die Arbeiter eiligſt

davon machen müſſen. In der Gegend um Wien iſt dieſer Fall ſchon öfters eingetreten. Manchmahl ſteigt das Waſſer nach Hinwegnahme ſolcher Hinderniſſe über die Oberfläche der Erde hervor, und man braucht in eine Offnung, die man mit einem Erdbohrer gemacht hat, nur eine Röhre zu ſtecken, die mit einer Ausgußöffnung verſehen iſt, um lebendiges Waſſer zu bekommen. In ſolchen Oertern würde aber das Waſſer von ſelbſt aus der Erde hervortreten, und eine Quelle bilden, wenn im Innern der Erde keine Hinderniſſe vorhanden wären. Wirklich hat das Daſeyn der meiſten Quellen dieſen Grund. Oft ſind ſie uns ſehr erwünſcht, nicht ſelten aber auch unſeren Zwecken ſehr entgegen, wie z. B. wenn ſich eine ſolche Quelle im Ackerlande bildet. Da hilft aber auch alles Ableiten des Waſſers durch Abzuggräben oder Saugſchächte nichts, weil beſtändig neues nachfließt. Es gibt kein anderes Mittel die Quelle zu vertilgen, als Thon unterzuſchlagen, der das Waſſer nicht durchläßt, oder, wenn man etwa befürchtet, daß es dann an einer anderen Stelle hervor brechen könnte, welches leicht geſchehen kann, wenn die zuführende Waſſerader nicht tief unter der Oberfläche liegt, ſie abzugraben, bevor ſie den Ackerboden erreicht, und ihrem Laufe eine andere Richtung zu geben. Daß ſich oft in Kellern Waſſer zeigt, wenn benachbarte Flüſſe anſchwellen, beruht auf demſelben Geſetze, wie das vorhergehende.

54.

Wenn ein Arm eines ſolchen communicirenden Gefäßes ſehr eng iſt, ſo ſteigt in ihm das Waſſer höher, als im anderen weiteren Arme; es geſchieht aber dieſes nicht durch den Druck des Waſſers, ſondern durch eine Anziehung, welche

die Theile des Waſſers auf einander, und welche die Seitenwände auf ſie ausüben. Aus dieſem Aufſteigen des Waſſers in engen Röhren, die natürlich nicht regelmäßig zu ſeyn brauchen, beruht das Naßwerden des Sandes, wenn man ihn auf naſſes Erdreich ſchüttet, des Zuckers, der auf naſſem Boden liegt, u. d. m. Durch dieſelbe Urſache wird auch eine Mauer, die auf feuchtem Boden ſteht, und gleich von unten auf mit Ziegeln gemauert iſt, die ſchlecht gebrannt ſind, eine gute Strecke hinauf naß, ſo, daß der Anwurf nur kurze Zeit daran hält, und man kann dem Uebel nur dadurch vorbeugen, daß man die Mauer von unten auf aus Steinen macht, die nicht ſo viele Zwiſchenräume haben, wie die Ziegel.

55.

Enthält jeder Arm eines Communicationsgefäßes eine andere Flüſſigkeit, ſo wird zur Erhaltung des Gleichgewichtes erfordert, daß die ſpeciſiſch leichtere Flüſſigkeit die ſpeciſiſch ſchwerere um ſo viel an Höhe übertrifft, als ſie ihr an ſpeciſiſchem Gewichte nachſteht. So ſteht z. B. eine Queckſilberſäule mit einer faſt 14mahl höheren Waſſerſäule in einem Communicationsgefäße im Gleichgewichte, weil das ſpeciſiſche Gewicht des Queckſilbers faſt 14mahl größer iſt, als das des Waſſers.

Druck auf eingetauchte Körper.

56.

Wird ein feſter Körper in das Waſſer getaucht, ſo erleidet er von ihm denſelben Druck, den früher das verdrängte Waſſer an derſelben Stelle erlitt, und man kann dieſen Druck ſo berechnen, wie den, der die Wände des Gefäßes trifft.

Ist z. B. (Fig. 32) der Körper abcd in das Wasser getaucht, welches bis AB reicht, so erleidet jeder Punct der Seitenwand ab u. s. w. einen Druck, der von seiner Tiefe unter der Oberfläche AB abhängt. Allein dieser Seitendruck wird durch einen gleichen auf der gegenüberstehenden Seite aufgehoben; alle zusammen können wohl die Seitenwände des Gefäßes eindrücken, wenn sie nicht fest genug sind, wie man Beispiele hat von hohlen blechernen oder gläsernen Flaschen, die man sehr tief ins Meer senkte; aber sie werden keine Bewegung des Körpers abcd bewirken können. Um den aufwärts und abwärts gerichteten Druck schätzen zu können, denke man sich an die Stelle des Körpers abcd die durch ihn verdrängte Wassermasse. Da sieht man leicht ein, daß sie durch die Säule eacf und durch ihr eigenes Gewicht abwärts, aber, weil Gleichgewicht vorausgesetzt wird, eben so stark aufwärts gedrückt wird. Daher ist der abwärts gerichtete Druck auf ac um das Gewicht des Wasserkörpers abcd größer, als der aufwärts gerichtete auf bd. Da nun der eingetauchte Körper denselben Druck erleiden muß, so wird er im Wasser mit einer Kraft aufwärts gedrückt werden, die dem Gewichte des Wassers unter demselben Rauminhalte gleich kommt, oder er wird im Wasser um so viel weniger wiegen, als das Gewicht eines Wasserkörpers von derselben Größe beträgt.

57.

Eine natürliche Folge dieser Wahrheit ist, daß ein Körper, dessen specifisches Gewicht dem der Flüssigkeit gleich ist, in welche er getaucht wurde, in derselben ganz gewichtlos erscheinen, mithin weder aufsteigen, noch zu Boden sinken

wird. Ein Körper, deſſen ſpecifiſches Gewicht kleiner iſt, als das einer Flüſſigkeit, kann nicht ganz in derſelben eingetaucht bleiben; denn, wenn er auch mit Gewalt hineingeſtoßen wird, ſo muß er doch wieder in die Höhe ſteigen, wenn die Gewalt nachgelaſſen hat, bis nur ein Theil von ihm eingetaucht iſt, wie man dieſes an Korkholze, das man im Waſſer zu Boden drückt, ſehen kann. Jeder Körper, deſſen ſpecifiſches Gewicht größer iſt, als das der Flüſſigkeit, in die er getaucht wurde, ſinket in ihr mit ſeinem Gewichtsüberſchuſſe zu Boden. Nur gar kleine Körper, wie z. B. ſehr dünne Metallblättchen, Nadeln, feine Sandkörner, machen davon eine Ausnahme, und bleiben auf der Oberfläche der Flüſſigkeit ſchweben. Die letzteren, nämlich die gar kleinen Staub- und Sandkörner können ſich ſelbſt mitten in einer flüſſigen Maſſe lange Zeit erhalten, beſonders, wenn die Flüſſigkeit nicht ganz ruhig iſt.

58.

Man kann aber doch auch ſolche Körper in einer Flüſſigkeit zum Schwimmen bringen, die in ihrem natürlichen Zuſtande ihr ſpecifiſches Gewicht übertreffen, wenn man ſie aushöhlt, oder mit ſpecifiſch leichteren in Verbindung bringt. So macht man aus Eiſen, das doch faſt 8mahl ſchwerer iſt, als das Waſſer, hohle Kugeln, die im Waſſer recht wohl ſchwimmen; man verfertiget auch aus demſelben Materiale Kähne, die noch eine ziemliche Laſt tragen, ohne unterzugehen; ja ſelbſt der Menſch, deſſen ſpecifiſches Gewicht größer iſt, als das des Waſſers, ſchwimmt in demſelben, wenn er ſich mit Luft gefüllte Blaſen, oder einen Panzer aus Korkholz umbindet. Indeß muß man ein ſolches Schwim-

men, bei dem der Mensch gar nichts zu thun hat, wobei er weder Hand noch Fuß zu bewegen braucht, von dem recht wohl zu unterscheiden wissen, das er ohne Anhängsel bloß durch künstliche Bewegungen vollbringt. Letzteres ist kein eigentliches Schwimmen, sondern ein beständiges Wehren gegen das Untersinken, das dadurch geschieht, daß man sich auf das Wasser durch gehörige Stellung der Hände und Füße so stützt, wie man es oft thut, wenn man sich von einem Sitze erhebt.

59.

Man kann durch eine leichte Rechnung finden, wieviel von einem Körper durch Aushöhlen weggenommen werden muß, oder wie viel man ihm von einem specifisch leichteren zusetzen muß, damit er im Wasser schwimme. Ein Beispiel wird diese Rechnungsweise für alle Fälle darthun. Weiß man z. B. daß Eisen 8mahl schwerer ist als Wasser, so kann einem auch nicht entgehen, daß eine eiserne Kugel durch Aushöhlen 8mahl leichter werden muß, wenn sie im Wasser schwimmen soll. Dabei wird sie doch noch ganz eingetaucht bleiben; wollte man bewirken, daß ein Theil von ihr über das Wasser hervorrage, so müßte man sie noch leichter machen, mithin noch mehr Materiale aus dem Innern herausnehmen.

Ist einem bekannt, daß sich das specifische Gewicht eines Menschen zum specifischen Gewichte des Wassers verhält wie 1111 : 1000, so findet man leicht durch eine einfache Proportion, daß das Wasser unter dem Rauminhalte eines Menschen von 120 Pf. nur ein Gewicht von 108 Pf. habe, daß ihm daher im Wasser 12 Pf. Gewicht bleiben.

Wollte man ihn nun mittelst Korkholz auf der Wasseroberfläche erhalten, so müßten dadurch etwas mehr, als diese 12 Pf. aufgewogen werden. Da sich das specifische Gewicht des Korkholzes zu dem des Wassers verhält wie 240 : 1000, so muß ein Kubikfuß Korkholz 13½ Pf. wiegen, mithin hinter einem Kubikfuß Wasser um 56½ — 13½ = 43 Pf. zurückbleiben. Nimmt man daher zu obigem Zwecke ¼ Kubikfuß d. i. 4½ Pf. Korkholz, so wird der Mensch bequem im Wasser schwimmen können.

60.

Die Größe des eingetauchten Theils eines schwimmenden Körpers hängt vom Verhältnisse seines specifischen Gewichtes zu dem der Flüssigkeit ab, und ist immer gleich dem Rauminhalte einer flüssigen Masse, die eben so viel wiegt, wie der ganze eingetauchte Körper; denn nur da ist sein Gewichtsverlust seinem ganzen Gewichte gleich, wie es zum Schwimmen erfordert wird. Ein Körper, der halb so schwer ist, als Wasser, taucht sich in ihm nur zur Hälfte ein. Wird ein schwimmender Körper belastet, so muß er sich tiefer einsenken. Dieses wird um den sovielten Theil seines schon früher eingetauchten Rauminhaltes geschehen, der wievielte Theil des ganzen Gewichtes zugesetzt worden ist. Beträgt z. B. die Belastung $\frac{1}{10}$ des ganzen Gewichtes des Körpers, so muß er sich auch um $\frac{1}{10}$ tiefer als bisher einsenken. Hierauf beruht die Möglichkeit aus leeren wohl verspundeten Fässern Brücken zu bauen, oder auch versunkene Lasten aus dem Wasser zu heben. Letzteres ist mit dem Admiralschiffe Royal George geschehen.

Auch die Berechnung der Belastungsfähigkeit eines Schif-

fes wird nach diesem Grundsatze eingerichtet. Beträgt z. B. der Rauminhalt eines Schiffes 200000 Kubikfuß, so verdrängt es, wenn es bis auf den obersten Rand eingesenkt ist, $200000 \times 56\frac{1}{2} = 11300000$ Pf. Wasser. Hat es ohne Belastung ein Gewicht von 400000 Pf., so senkt sich in diesem Zustande sein $\frac{400000}{11300000}$ter oder $\frac{4}{113}$ter Theil ein, und nimmt eine Belastung von $11300000 - 400000 = 10900000$ Pf. an, wenn es bis zum Rande eingetaucht seyn soll. Bei jeder geringeren Belastung ragt dann ein angemessener Theil der Seitenwand über das Wasser hervor.

61.

Ein und derselbe Körper wird sich in Flüssigkeiten von verschiedenem specifischen Gewichte ungleich weit eintauchen, und zwar in der leichteren weiter als in der schwereren, weil von jener eine größere Menge erfordert wird, um das Gewicht des eingetauchten Körpers aufzuwiegen, als von dieser. Deßhalb sinket auch ein Schiff, das vom schwereren Meerwasser in einen Fluß tritt, alsogleich weiter ein, und kann oft nur, nachdem es einen Theil der Belastung abgegeben hat, ohne Gefahr weiter segeln.

62.

Auf diesem Grundsatze beruhet die Einrichtung der meisten Instrumente, die unter dem Namen Aräometer bekannt sind, die aber auch manchmahl nach dem speciellen Gebrauche, den man von ihnen macht, Branntweinwagen, Salzwagen, Säuremesser u. s. w. genannt werden. Sie bestehen aus einem hohlen, gläsernen oder metallenen Körper, der in der zu untersuchenden Flüssigkeit in einer bestimmten Lage schwimmt, und sich in sie desto weiter einsen-

ket, je leichter sie ist. Fig. 33 stellt drei solche Instrumente von verschiedener Gestalt vor.

Man sieht leicht ein, daß solche Instrumente eigentlich nur das specifische Gewicht der Flüssigkeit anzeigen. Dieses läßt sich daher auch bei Aräometern von guter Einrichtung aus einer Scale entnehmen, die sich an dem eingetauchten Körper, oder an einer angesetzten dünnen Röhre desselben befindet; wiewohl es eine Menge Aräometer gibt, die an dieser Scale nur willkührlich angenommene Theile, sogenannte Grade, enthalten. Es kann aber auch mit dem specifischen Gewichte einer Flüssigkeit das Verhältniß ihrer Bestandtheile, und deßhalb auch ihre Güte in einer solchen Verbindung stehen, daß sich aus ersterem leicht auf das letztere schließen läßt. Dieses ist z. B. beim Branntweine der Fall. Dieser besteht in der Regel aus Wasser und Weingeist, und ist überhaupt desto leichter, je mehr Weingeist, oder je weniger Wasser er enthält; er ist aber auch desto besser. Sobald die Menge des einen oder des anderen dieser Bestandtheile verändert wird, zeigt sich auch eine Aenderung im specifischen Gewichte; deßhalb geben sogenannte Branntweinwagen durch die Größe des eingetauchten Theiles die Güte des Branntweines, und seinen Gehalt an Weingeiste an. Dieses geht aber nicht so bei allen Flüssigkeiten. Wein und Bier lassen sich nicht durch ein Aräometer erproben, weil beide bei verschiedenen specifischen Gewichten eine gleiche Güte haben können, und von zwei Wein- oder Biersorten bald die schwerere bald die leichtere den Vorzug der Güte behauptet.

63.

Da die Erfahrung lehrt, daß Flüssigkeiten, so wie alle

anderen Körper, in der Regel ein geringeres ſpecifiſches Gewicht bekommen, wenn ſie erwärmt werden; ſo muß man offenbar bei der Schätzung des ſpecifiſchen Gewichtes, und alles deſſen, was mit demſelben im Zuſammenhange ſteht, auf den Wärmegrad des zu unterſuchenden Körpers Rückſicht nehmen. Dieſen Grad erfährt man mittelſt ſogenannter Wärmemeſſer, von denen in der Folge mehr vorkommen wird.

64.

Wenn das ſpecifiſche Gewicht einer Flüſſigkeit, oder das des eingetauchten Körpers veränderlich iſt, ſo kann es geſchehen, daß ſich der feſte Körper in der Flüſſigkeit bald untertaucht, bald in die Höhe ſteigt, wohl auch in jeder Schichte derſelben ruhig ſtehen bleibt. Dieſes ſehen wir an Fiſchen, die ſich im Waſſer durch die ſogenannte Schwimmblaſe bald heben, bald ſenken, und an dem ſogenannten carteſianiſchen Taucher (Fig. 34). So heißt man eine hohle Figur aus Glas, die eine feine Oeffnung hat, und in einem mit Waſſer gefüllten, aber mit einer Blaſe verſchloſſenen Gefaße enthalten iſt. Dieſe Figur ſchwimmt im Waſſer, und ſteht im natürlichen Zuſtande mit dem oberen Theile an die Blaſe an; wie man aber auf dieſelbe drückt, ſo pflanzt ſich dieſer Druck nach allen Richtungen fort, und es dringt Waſſer durch die enge Oeffnung ins Innere dieſer Figur; dadurch wird ſie ſchwerer, und ſinkt zu Boden. So wie man mit dem Drucke nachläßt, vertreibt die im Inneren enthaltene Luft das Waſſer, und die Figur kehrt in den erſten Zuſtand des Gleichgewichtes zurück. Etwas ähnliches bemerkt man auch am menſchlichen Körper. Da nämlich ſein ſpecifiſches Gewicht das des Waſſers ſehr wenig übertrifft, ſo kann er durch

eine geringe Verminderung desselben im Wasser schwimmen. Letzteres geschieht durch die Erweiterung der Brust beim Einathmen. Aus derselben Ursache schwimmen auch Leichen, welche durch die in ihnen anfangende Fäulniß einen größeren Raum einnehmen, und geben dem Leichtgläubigen, der überall Geheimes und Unbegreifliches wittert, Veranlassung zu der Meinung, das Wasser leide keinen Leichnam.

65.

Was bisher von festen Körpern gesagt wurde, die in flüssige getaucht sind, das gilt auch von flüssigen, die sich in einer andern Flüssigkeit befinden; es sinkt nämlich die schwerere Flüssigkeit in der leichteren zu Boden, und die leichtere ruht auf der schwereren, wenn sie sich nicht mit einander chemisch vermischen. Queckſilber und Wasser, Wasser und Oehl, ja sogar warmes und kaltes Wasser geben Belege für diesen Satz. Der letztere Fall, wo nämlich warmes Wasser stets über dem kälteren ruht, und sogar durch dieses aufsteigt, um den obersten Platz zu gewinnen, dabei es aber auch erwärmt, erleidet in manchen Fällen eine nützliche Anwendung.

So ist es z. B. bei der Bereitung eines warmen Bades immer vortheilhafter, das warme Wasser zuerst in die Wanne zu gießen, und das kalte darauf folgen zu lassen, oder, wenn andere Umstände ein umgekehrtes Verfahren räthlich machen, doch immer das warme Wasser mittelst einer Röhre bis auf den Boden der Wanne zu leiten, damit es dann erst durch das kalte aufsteige, und eine gleichförmig erwärmte Masse erzeuge. Derselbe Grund erklärt es, warum Wasser um so viel leichter warm wird, wenn man von unten her die Wärme darauf wirken läßt, wie es bei unseren Sparherden ge-

ſchieht, als wenn man es von der Seite an die Wärmequelle ſtellt.

66.

Wenn man will, daß ein feſter Körper nicht allein in einer Flüſſigkeit ſchwimme, ſondern daß er in derſelben ruhig ſtehen bleibe, ſo muß er ſo eingerichtet ſeyn, daß ſein Schwerpunct, und der Schwerpunct der verdrängten Flüſſigkeit in derſelben verticalen Linie liegen. Soll ſein Stand noch überdieß von der Art ſeyn, daß er ihn gegen Kräfte, die ihn ändern wollen, zu behaupten ſucht, und ſelbſt, wenn er aus ſeiner Lage gebracht wurde, wieder in dieſelbe zurückkehrt, ſobald die äußere Kraft, die ihn verrückte, nachgelaſſen hat; ſo muß nebſt dem noch eine zweite Bedingung Statt finden, die darin beſteht, daß der Schwerpunct des Körpers unter den der verdrängten Flüſſigkeit falle. Um dieſes einzuſehen, darf man ſich nur vorſtellen, daß der eingetauchte Körper von zwei Kräften afficirt wird, wovon eine, von ſeinem Schwerpuncte aus, vertical abwärts wirket, während die andere, vom Schwerpuncte der verdrängten Flüſſigkeit aus, nach derſelben Linie aufwärts zieht. Offenbar ſind dieſe zwei Kräfte nur dann im Gleichgewichte, wenn ihre Richtungen in dieſelbe gerade Linie fallen. Wäre aber der Schwerpunct der verdrängten Flüſſigkeit unter dem des eingetauchten Körpers, ſo würde jede Kraft, die dieſen ſeitwärts treibt, ein Umſchlagen desſelben bewirken; wären beide in einem Puncte vereiniget, ſo würde der Körper in jeder Lage ruhen; iſt aber der Schwerpunct A (Fig. 39) des eingetauchten Körpers unterhalb des Schwerpunctes der verdrängten Flüſſigkeit, ſo wird jede Kraft, die A nach a treibt, bewirken, daß er durch eine Reihe von

[illegible]

67.

Dieses findet eine vorzügliche Anwendung bei Schiffen. Theils die Wellen und Ruder, theils, und zwar vorzüglich, die unmittelbare Einwirkung des Windes auf die Segel, bringen in einem Schiffe beständige Schwankungen hervor, die bei großen Schiffen auch sehr beträchtlich sind. Dabei dreht es sich um einen Punct, den man sein Metacentrum nennt. So lange es ruhig steht, kann es der geringste Windstoß neigen, je weiter es sich neigt, desto mehr Kraft wird erfordert, dieses noch mehr zu thun, besonders, wenn es mit einem sogenannten Kiele versehen ist.

68.

Der Wasserdruck hat vor dem Drucke eines festen Körpers, als bewegende Kraft betrachtet, den großen Vortheil, daß man die einmahl gesunkene Masse nicht wieder zu heben braucht, sondern, daß man einen beständigen Nachfluß derselben unterhalten kann. Man muß aber die Gesetze kennen, nach denen sich das Wasser bewegt, wenn man bei der Zuleitung desselben vor Fehlgriffen gesichert seyn will.

Bewegung des Wassers.

69.

Wenn sich tropfbare Flüssigkeiten frei bewegen, so befolgen sie dieselben Gesetze, wie feste Körper, und man kann ihre Geschwindigkeit, und die Größe des zurückgelegten Weges eben so, wie bei diesen bestimmen. Wenn sie aber bloß

durch begränzte Oeffnungen ausfließen, beobachten sie ganz eigene Gesetze, die auf der Beweglichkeit ihrer Theile, und auf ihrem Anhängen an die Wände des Gefäßes beruhen, aus dem sie fließen. Vermöge der ersteren bewegen sich die Theile über der Oeffnung nicht bloß in verticaler Richtung gegen die Oeffnung hin, sondern sie steigen auch schief gegen sie hinab; vermög dem Anhängen ihrer Theile an die Wände des Gefäßes müssen sie sich von denselben losreißen, und eine andere Geschwindigkeit erlangen, als die von den Wänden entfernteren Tropfen haben; ganz gegen die Gesetze der Bewegung fester Körper, deren alle Theile beim Falle dieselbe Geschwindigkeit haben.

Wenn ein mit Wasser angefülltes Gefäß am Boden eine Oeffnung hat, durch welche es herausfließen kann, so wird jedes Theilchen, das sich an der Oeffnung befindet, mit einer Geschwindigkeit ausfließen, die vom Drucke der verticalen über ihm stehenden Wassersäule abhängt. Man kann beweisen, daß es dieselbe Geschwindigkeit beim Ausflusse haben wird, als wenn es von der Oberfläche des Wassers frei herabgefallen wäre.

Die Tafel I, welche eigentlich die Geschwindigkeit eines schweren Körpers bei einer gegebenen Fallhöhe darstellt, dient auch um die Geschwindigkeit des Wassers unter einer gegebenen Druckhöhe zu bestimmen; denn sind die Zahlen in der ersten Columne die Druckhöhen, so geben die in der zweiten die Geschwindigkeiten, welche ihnen entsprechen.

70.

Zur Prüfung dieses Gesetzes ließ Bossut unter verschiedenen Druckhöhen Wasser aus einer kreisrunden Oeffnung flie-

ßen, die einen Zoll im Durchmesser hatte, und fand für jede Druckhöhe die ausfließende Wassermenge, die den jedesmahligen Geschwindigkeiten proportionirt seyn muß. Diesen zu Folge beträgt, bei einer Druckhöhe

von 1 Fuß, die Wassermenge 2722 Par.= Zoll
= 2 = = = 3846 =
= 4 = = = 5436 =
= 8 = = = 7672 =
= 9 = = = 8135 =

Der Theorie nach, sollen sich die Wassermengen verhalten wie

$$\sqrt{1} : \sqrt{2} : \sqrt{4} : \sqrt{8} : \sqrt{9}$$

d. i. beiläufig wie $1 : 1\frac{141}{1000} : 2 : 2\frac{828}{1000} : 3$;
dem Versuche gemäß verhalten sie sich aber wie obige Wassermengen, oder wenn man alle durch 2722 theilt, wie die Zahlen

$$1 : 1\frac{413}{1000} : 1\frac{991}{1000} : 2\frac{818}{1000} : 2\frac{988}{1000}.$$

Hieraus ersieht man, daß die Theorie hinreichend mit den Versuchen übereinstimmt, und daß daher der ausgesprochene Satz für vollkommen wahr gehalten werden kann.

71.

Wenn ein mit einer Bodenöffnung versehenes Gefäß eben so viel Zufluß hat, als Wasser abfließt, mithin durchaus dieselbe Druckhöhe behält, so muß die abfließende Wassermenge der Zeit des Abflusses und der Größe der Oeffnung proportionirt seyn, wenn alle durch die Oeffnung gehenden Theile dieselbe Geschwindigkeit haben. Man kann sich überhaupt unter dieser Voraussetzung vorstellen, daß in einer Secunde ein Wasserkörper abfließt, dessen Basis die

Oeffnung des Gefäßes, und deſſen Höhe die Geſchwindigkeit des Waſſers darſtellt. Daß obige Vorausſetzung nicht in der Erfahrung Statt findet, iſt aus 70 klar und ſchon daraus erſichtlich, daß ſich der herausfließende Strahl nicht weit von dem Boden des Gefäßes zuſammenzieht, und einen Durchſchnitt annimmt, der um ein bedeutendes kleiner iſt, als die Oeffnung des Gefäßes. Fig. 36 ſtellt dieſes vor.

72.

Ueber dieſe Zuſammenziehung des Waſſerſtrahles haben viele Gelehrte Verſuche angeſtellt, wie z. B. Boſſut, Venturi, Eytelwein, und im Durchſchnitte gefunden, daß ſie $\frac{645}{1000}$, oder faſt $\frac{16}{25}$ der Oeffnung beträgt, ſo daß ſich die ähnlichen Dimenſionen der Oeffnung und des zuſammengezogenen Strahles wie $\sqrt{25} : \sqrt{16}$, d. i. wie $5 : 4$ verhalten.

73.

Vermög dieſer Zuſammenziehung des Waſſerſtrahles muß die Waſſermenge, die in einer gegebenen Zeit durch eine Bodenöffnung ausfließt, kleiner ausfallen, als man ſie findet, wenn man die Oeffnung mit der Geſchwindigkeit des Waſſers, und mit der Zeit des Ausfluſſes multiplicirt. Folgende Tafel gibt eine Anſicht vom Verhältniſſe der berechneten Waſſermenge zur wahren, nach Boſſuts Verſuchen, wo die Bodenöffnung an einem dünnen Bleche angebracht war.

Der Durchmesser der kreisförmigen Oeffnung betrug	Die Druckhöhe	Die berechnete Wassermenge in einer Minute	Die gefundene Wassermenge in einer Minute
6 Linien	11F. 83. 10L.	3762 Kubz.	2311 Kubz.
12 =	11 = 8 = 10 =	15048 =	9281 =
24 =	11 = 8 = 10 =	60192 =	27201 =
6 =	9 — —	3286 =	2018 =
12 =	9 — —	13144 =	8135 =
6 =	4 — —	2191 =	1353 =
12 =	4 — —	8763 =	5436 =

Hieraus sieht man, daß es erlaubt ist, immer $\frac{6}{10}$ der berechneten Wassermenge für die wahre zu halten. Hätte demnach ein Gefäß eine Bodenöffnung von 2 Quadratzoll, wäre die Druckhöhe 9 Zoll, mithin die Geschwindigkeit $\frac{792}{1000}$ Fuß oder $8\frac{7}{10}$ Zoll, so müßten in 1 Stunde, oder in 3600 Secunden ausfließen:

$$3600 \times 2 . 8\tfrac{7}{10} . \tfrac{6}{10} = 37584 \text{ Kub. Zoll.}$$

74.

Vergleicht man die Wassermengen, die in einer gewissen Zeit aus zwei Gefäßen ausfließen, deren Druckhöhen und Oeffnungen zwar einander gleich sind, deren aber eines diese Oeffnung in einer dünnen Bodenwand hat, während das andere das Wasser durch eine kurze am Boden angebrachte Röhre, oder durch eine an einer dicken Wand angebrachte Oeffnung fließen läßt; so findet man die Wassermenge im letzten Falle bedeutend größer, so daß die wirkliche Ausflußmenge schon $\frac{13}{16}$ von der berechneten beträgt, und daher um $\frac{13}{16} - \frac{6}{10} = \frac{130-96}{160} = \frac{34}{160}$ größer ist.

75.

Nach Poleni's Erfahrungen wird die Ausflußmenge noch bedeutend vermehrt, wenn man statt einer cylindrischen Röh-

re eine kegelförmige an die Bodenwand anſetzt, deren kleinſter Durchmeſſer zu abwärts gekehrt iſt, wie Fig. 37 zeigt. Dieſe Erfahrungen gaben für

eine Länge der koniſchen Röhre von	Durchmeſſer der Anſatzröhre: größter	Durchmeſſer der Anſatzröhre: kleinſter	Druckhöhe	Waſſermenge: wirkliche	Waſſermenge: berechnete
92 Linien	118L.	26L.	1F. 93. 4L.	23687Kz.	27527Kz.
92 =	60 =	26 =	1 = 9 = 4 =	24345 =	27527 =
92 =	42 =	26 =	1 = 9 = 4 =	24619 =	27527 =
92 =	33 =	26 =	1 = 9 = 4 =	24758 =	27527 =

Hieraus ergibt ſich eine Abweichung der beobachteten von der berechneten Ausflußmenge von $\frac{7}{10}$; mithin beträgt die Ausflußmenge um $\frac{3}{10}$ mehr als bei der erſten, um $\frac{1}{10} - \frac{3}{16} = \frac{16-3}{160} = \frac{13}{160}$ mehr als bei der zweiten Einrichtung der Oeffnung. Man kann noch eine größere Annäherung der wirklichen Ausflußmenge an die berechnete bewirken, wenn man die koniſche Röhre ſo einrichtet, daß ſich ihre Durchmeſſer wie die Durchmeſſer des nicht zuſammengezogenen und des zuſammengezogenen Strahles verhalten, d. i. 5 : 4, und wenn ihre Länge etwas mehr, als der Halbmeſſer der Einmündung beträgt. In dieſem Falle beträgt die wirkliche Waſſermenge $\frac{10}{81}$ von der berechneten.

76.

Wenn ein Waſſerbehälter die Ausgußöffnung ſtatt am Boden an der Seite hat, ſo ſieht man wohl, daß nicht alle Theile des Waſſers mit gleicher Geſchwindigkeit abfließen können, weil nicht alle von gleich hohen Waſſerſäulen beſchleunigt werden, und daß die am unteren Rande der Oeffnung ausſtrömenden die größte, die am oberen aber die kleinſte Geſchwindigkeit haben werden. Denkt man ſich unter

allen dieſen Geſchwindigkeiten eine ſolche, die eben ſo viel Waſſer ausfließen ließe, wenn ſie alle Theile hätten, wie dieſes bei der ungleichen Beſchleunigung der Theile der Fall iſt, ſo hat man einen Begriff von der mittleren Geſchwindigkeit. In Fällen, wo der verticale Durchmeſſer der Oeffnung nicht groß iſt in Bezug auf die Entfernung ihres oberſten Randes von dem Waſſerſpiegel, kann man annehmen, daß die mittlere Geſchwindigkeit von der Waſſerſäule abhängt, die vom Schwerpuncte der Oeffnung bis zur Oberfläche des Waſſers gerechnet wird. In ſolchen Fällen kann man daher die Menge des ausfließenden Waſſers für eine gegebene Zeit nach denſelben Geſetzen berechnen, wie dieſes bei einer Bodenöffnung geſchehen iſt.

77.

Das aus einer Seitenöffnung ausfließende Waſſer erlangt vermöge des Druckes der oben aufliegenden Waſſertheile eine horizontale Richtung, wird aber von der Schwere immer abwärts gezogen, und ſo nach denſelben Geſetzen bewegt, wie ein feſter geworfener Körper. Dieſes findet ſelbſt noch Statt, wenn die Oeffnung ſchief gegen den Horizont ausläuft. Es iſt nämlich hier wieder die Bewegung des Waſſers ganz mit der Bewegung ſchief geworfener Körper übereinſtimmend.

78.

Iſt die Oeffnung vertical aufwärts gerichtet, ſo muß der Waſſerſtrahl in die Höhe ſpringen, und der Theorie nach bis zur Oberfläche des Waſſers im Gefäße reichen. In der Erfahrung bleibt er aber immer um ein bedeutendes zurück, weil ſich die Waſſertheile an die Seitenwände der Oeffnung

anhängen, und nur mittelst einer Kraft davon getrennt werden können; weil der Widerstand der Luft eintritt, und zugleich auch die herabfallenden Wassertheile die ihnen begegnenden steigenden Strahlen im ferneren Aufsteigen hindern. Man kann zwar diese Hindernisse vermindern, indem man den Strahl nicht unmittelbar aus einer Röhre, sondern aus einer durchbohrten Platte hervorspringen läßt, ihn etwas neigt, damit die fallenden Tropfen den aufsteigenden nicht begegnen, und überhaupt der Oeffnung eine bestimmte Größe gibt; aber da man sie doch nicht ganz vernichten kann, so erreicht der Strahl bei allen Maßregeln nie die durch die Theorie angegebene Höhe. Deßwegen können nur wieder Versuche entscheiden, wie hoch ein Strahl bei einer gegebenen Druckhöhe springen wird. Solche Versuche stellte der berühmte Mariotte an, und fand:

Länge der Leitröhre	Durchmesser der Leitröhre	Durchmesser der Mündung	Druckhöhe	Strahlhöhe
Fuß	Zoll	Linien		
12	3	6	12 $\frac{3}{10}$	12
24	3	2	24 $\frac{4}{10}$	22 $\frac{1}{10}$
24	3	4	24 $\frac{4}{10}$	22 $\frac{8}{10}$
24	3	6	24 $\frac{4}{10}$	22 $\frac{8}{10}$
26	3	3	26	22
26	3	6	26	24 $\frac{2}{10}$
26	3	10	26	23 $\frac{7}{10}$
35	3	3	34 $\frac{9}{10}$	28
35	3	4	34 $\frac{9}{10}$	30
35	3	6	34 $\frac{9}{10}$	31 $\frac{7}{10}$
35	3	15	34 $\frac{9}{10}$	27

Bewegung des Waſſers in Röhren.

79.

Selten kann man das Waſſer als bewegende Kraft an dem Orte benützen, wo es aus der Boden- oder Seitenöffnung eines Gefäßes abfließt. Es iſt in vielen Fällen nothwendig es durch Röhren an den eigentlichen Beſtimmungsort hinzuleiten; deßhalb muß man auch die Bewegung des Waſſers in Röhren kennen.

80.

Die Bewegung des Waſſers in Röhren muß wie die des Waſſers in Gefäßen überhaupt beurtheilt werden, nur mit dem Unterſchiede, daß ein großer Theil der bewegenden Kraft zur Ueberwindung der Reibung an den Wänden der Röhren angewendet werden muß, ſo daß das Waſſer in denſelben immer eine geringere Geſchwindigkeit hat, als es vermöge der Fallhöhe nach der Tafel I haben ſollte. Dieſer Unterſchied der Geſchwindigkeit iſt deſto größer, je länger und je enger die Röhre iſt, und je ſchneller ſich das Waſſer darin bewegt. Nach Boſſuts Erfahrungen gibt eine Röhre von 16 Linien Durchmeſſer und 30 Fuß Länge in einer Minute 2778 Kubikzoll Waſſer, während eine andere eben ſo weite, aber 60 Fuß lange, bei derſelben Fallhöhe nur 1957 Kubikzoll gibt. Desgleichen fand Boſſut die Waſſermenge einer Röhre von zwei Zoll Weite und 30 Fuß Länge = 7680 Kubikzoll.

81.

Wenn eine Röhre dieſelbe Weite beibehält, und eine Krümmung macht, ſo entſteht dadurch ein Aufenthalt des Waſſers, der deſto größer iſt, je ſchneller ſich das Waſſer vor

dem Anprellen an die Krümmung bewegte, und je kleiner der Winkel ist, den die beiden Röhrentheile mit einander machen. Diese Wahrheit ersieht man am besten aus Venturis Versuchen, der drei Röhren nahm, wovon jede 15 Zoll lang, $14\frac{1}{2}$ Linie weit und cylindrisch war. Die eine blieb gerade, die andere wurde in die Form eines Quadranten, die dritte unter einem rechten Winkel scharf gebogen. Wurden diese Röhren an einem Wasserbehälter so angemacht, daß ihre Axen in einerlei Horizontalebene lagen, so gab bei einerlei Druckhöhe die

erste in einer Secunde $153\frac{6}{10}$ K. Zoll Wasser
zweite = = $138\frac{5}{10}$ = = =
dritte = = $98\frac{7}{10}$ = = =

82.

Wenn man Röhren zum Behufe der Wasserleitungen anordnet, so muß man vorzüglich auf ihre Stärke sehen, damit sie den Druck des Wassers aushalten, ohne zu reißen. Man nehme sie nicht enger als nöthig ist, gebe ihnen da, wo sie sich wenden, stets eine bogenförmige Krümmung, ja nie scharfe Ecken, und nehme den Halbmesser der Krümmung so groß als möglich, mache auch da die Röhre etwas weiter. Wo Röhren zusammenstoßen, vermeide man auf das sorgfältigste jede plötzliche Verengung, weil diese stets ein Zusammenziehen des Wasserstrahles verursachet. Steigt eine Röhrenleitung in die Höhe, und fällt dann wieder, so sammelt sich nicht selten in den höchsten Stellen Luft, die dem Durchflusse des Wassers im Wege steht. Um dieser den Ausgang zu verschaffen, bringe man kleine verticale Luftröhren an, die man Windstöcke nennt. An tiefer liegenden Stellen, versieht man

ſie etwa alle 50 Klafter mit einem viereckigen Kaſten, ſog nannten Wechſelhäuschen, damit ſich daſelbſt alle Unreinig keit des Waſſers abſetzen kann.

Bewegung des Waſſers in Canälen und Flüſſen.

83.

Oft iſt der Waſſerbedarf ſo groß, daß die zuführenden Röhren zu weit ſeyn müßten, wenn ſie die ganze nöthige Waſſermenge zuführen ſollen; oft muß das Waſſer ſo weit hergebracht werden, daß es in Röhren faſt ſeine ganze Geſchwindigkeit einbüßen würde. In ſolchen Fällen legt man lieber offene Rinnſale oder Canäle an.

84.

Bei der Anlegung eines Canals hat man vor allem andern auf den Bach oder Fluß zu ſehen, der den Canal ſpeiſen ſoll, und es muß bekannt ſeyn, wie viel Waſſer er gewöhnlich, beſonders in der trockenſten Jahreszeit, liefert, damit man dieſe mit der Waſſermenge vergleichen kann, welche die anzulegende Maſchine zu ihrer Bewegung fordert. Auch das Erdreich, durch welches der Canal geführt werden ſoll, darf einem nicht gleichgültig ſeyn. Hierauf muß man noch den Abhang des künftigen Canals berückſichtigen, weil davon die Geſchwindigkeit des fließenden Waſſers abhängt.

85.

Den Abhang oder das Gefälle eines Canals, Baches oder Fluſſes, d. i. die Größe, um wie viel ein Ort deſſelben höher liegt als ein anderer, findet man durch das ſo-

genannte Nivelliren. Dazu braucht man ein Instrument, welches den Namen Wasserwage führt. Es gibt deren mehrere Arten. Die einfachste und zur Nivellirung eines Canals hinlänglich brauchbare Art ist Fig. 38 abgebildet, und besteht aus einer blechernen Röhre ab, an deren beiden Enden zwei cylindrische Gläser ac und bd unter einem rechten Winkel angesetzt sind, so daß das Ganze eine Communicationsröhre vorstellt.

86.

Soll mittelst dieses Instrumentes der Höhenunterschied des Ortes A, wo das Wasser herkommt, und desjenigen B, wo es hinfließt, gefunden werden, so frägt es sich zuerst, ob man von B nach A sehen kann oder nicht. Im ersten Falle befestiget man die Wasserwage in B, füllt die Röhren zum Theile mit Wasser, errichtet in A eine verticale Stange, an welcher sich ein schwarzes Bret mit einem weißen Kreuze verschieben läßt. Nun sieht man längst der Oberfläche des Wassers c und d hin, und verschiebt das genannte Bret so lange, bis das Kreuz E in die gerade Linie cd fällt. Wird nun die Höhe von c und E gemessen, so gibt ihr Unterschied den gesuchten Abhang oder das Gefälle. Kann man von B nicht unmittelbar nach A sehen, so wählt man sich eine oder, wenn es Noth thut, mehrere Zwischenstationen, von deren jeder man auf die beiderseits zunächst daran grenzenden sehen kann, und wovon die letzte die Ansicht von A gestattet. Wird nun der Höhenunterschied von je zwei solchen Puncten gefunden, die zunächst an einander stehen, so gibt die Summe aller dieser Unterschiede das gesuchte Gefälle. Man darf aber bei diesem Verfahren nie vergessen, daß es nur für nicht gar

zu große Entfernungen der Puncte B und A richtige Resultate gibt; für große Entfernungen macht die Krümmung der Erde eine Verbesserung des gefundenen Gefälles nothwendig.

87.

Das Gefälle eines Canals soll nicht gar zu klein seyn; denn bei einem gar kleinen Gefälle geht nicht nur das Wasser zu langsam, und übet, wenn es durch den Stoß wirken soll, eine zu geringe Wirkung aus, sondern es geht auch durch das Durchsintern ein guter Theil des Wassers verloren, und man muß bei jeder eintretenden Kälte befürchten, daß es bei der so langsamen Bewegung einfriert. Macht man aber das Gefälle gar groß, so wird dadurch der Canal zu stark hergenommen, und bedarf beständiger Reparaturen. Ein Abhang von drei Zoll auf eine Länge von 100 Klafter ist in den meisten Fällen hinreichend.

88.

Ist das Gefälle, welches der Canal bekommen soll, oder bekommen kann, einmahl ausgemittelt, so wird zum Ausgraben geschritten. Damit von den Wänden keine Erde ins Wasser rolle, gebe man ihnen eine Neigung von 45°; ist das Erdreich, durch welches man den Canal führt, Thon nur mit wenig Sand vermischt, so hat man kein Durchsintern des Wassers zu besorgen, und man kann den Graben so lassen, wie ihn die Natur gibt; nur, wenn das Erdreich nicht fest genug ist, deckt man es mit Steinen. Kommt man aber auf Torf oder Schlamm, so belegt man den Boden mit Sand, stoßt diesen kräftig zusammen, und bedecket ihn so wie die Seiten wieder mit langen Steinen. Sandige

Stellen decket man mit Thon oder Rasen. Soll der Canal durch tief liegende Stellen geführt werden, so muß man, statt Erde auszugraben, vielmehr durch Aufführen der Seitenwände ein Bett bilden. Da nimmt man zu den Seitenwänden viereckige Rasenstücke, die man mit der grünen Seite abwärts gekehrt auf einander legt, und dann wohl zusammenschlägt. Sollte eine solche Vertiefung gar groß seyn, so führt man den Canal gar in Rinnen über eigens dazu erbaute Brücken. Stoßt man auf Anhöhen oder gar auf Berge, in die man das Bett für das Wasser nicht wohl einschneiden kann, so muß man sich entschließen, den Canal unterirdisch durch den Berg zu führen, ein Unternehmen, das meistens die Kräfte eines Einzelnen übersteiget.

89.

Die Bewegung des Wassers in Canälen und Flüssen hängt bei übrigens gleichen Umständen von dem Abhange des Bettes ab, und ist daher, wenn man von allen Hindernissen der Bewegung absieht, wie die eines schweren Körpers über eine schiefe Ebene zu beurtheilen. Man muß aber bei Beurtheilung der Wasserbewegung in Flußbetten nie vergessen, daß man es mit einem Körper zu thun hat, dessen Theile eine sehr große Beweglichkeit besitzen. Hierin liegt der Grund, daß nicht alle Theile eines Flusses, sogar in demselben Durchschnitte, dieselbe Geschwindigkeit haben, sondern daß sie nach der Breite und Tiefe des Bettes wechselt. Gewöhnlich ist die Geschwindigkeit des Wassers am Boden kleiner als nach oben zu, weil da die Hindernisse, z. B. die Adhäsion des Wassers an dem Boden, die Ungleichheit des Bettes, am größten sind; doch ist die größte Geschwindigkeit auch nicht an den obersten

Schichten, die mit der Luft in Berührung stehen, sich an derselben gleichsam reiben, und nicht selten durch widrige Winde aufgehalten werden, sondern in einiger Entfernung von denselben. So fand Wiebeking die größte Geschwindigkeit des Rheines 1—4 Fuß unter der Oberfläche.

Aus gleichen Gründen ist die Geschwindigkeit eines Flusses in derselben Tiefe nicht der ganzen Breite nach gleich groß; denn an den Ufern wirken wieder die Hindernisse am meisten, deßhalb ist auch da die Geschwindigkeit am kleinsten. Bei Flüssen mit geraden Ufern und gleicher Tiefe ist die größte Geschwindigkeit in der Mitte der ganzen Breite, bei gekrümmten Ufern immer dem hohlen Ufer am nächsten. Man bemerket den Ort der größten Geschwindigkeit oft schon mit freiem Auge, und heißt ihn den Stromstrich. Wenn daher von der Geschwindigkeit eines Flusses im Allgemeinen die Rede ist, so ist darunter die mittlere zu verstehen, d. i. diejenige, welche, wenn sie in allen Schichten vorhanden wäre, dieselbe Wassermenge durch einen Querschnitt liefern würde, als dieses bei der ungleichen Geschwindigkeit des Wassers der Fall ist. Im Rheine fand sie Wiebeking, bei einem Wasserstande von 8′ 2—5″, etwas unter der Oberfläche; die im Stromstriche fand er ihr fast gleich.

90.

Um die Geschwindigkeit des fließenden Wassers zu erforschen, hat man eine Menge Instrumente erfunden, z. B. den Stromquadranten, Pitots Röhre, Lorgna's Wasserhebel, Ximenes Wasserfahne, Brünings Tachometer, Woltmanns hydrometrischen Flügel, deren Einrichtung und Ge-

brauch leicht ersichtlich ist, wenn man sie vor sich hat, deren Beschreibung hier aber nicht ganz zweckmäßig seyn dürfte. Am leichtesten gelangt man zum Zwecke, wenn man einen Körper, der im Wasser schwimmt, z. B. eine Wachs- oder Korkkugel, zu einer windstillen Zeit in das Wasser wirft, und, nachdem es die Geschwindigkeit des Wassers erlangt hat, den Weg mißt, den sie in einer bestimmten Zeit zurücklegt. Nimmt man nun an, daß die Bewegung des Wassers gleichförmig sey, so findet man die gesuchte Geschwindigkeit, wenn man den Raum durch die Zeit theilt. Hat z. B. diese Kugel in 10 Secunden 30 Fuß zurückgelegt, so kommen auf eine Secunde $\frac{30}{10} = 3$ Fuß, oder ihre Geschwindigkeit ist 3 Fuß. Es fällt in die Augen, daß die so gefundene Geschwindigkeit nicht immer die mittlere des ganzen Profils seyn wird, und daß man überhaupt dadurch nur die Geschwindigkeit an der Oberfläche findet. Man kann aber ohne großen Fehler die oberflächliche Geschwindigkeit im Stromstriche für die mittlere halten.

91.

Will man aus der gefundenen Geschwindigkeit die Wassermenge berechnen, welche in einer gewissen Zeit durch einen Querschnitt des Canals oder Flußbettes fließt, so muß die Größe des Querschnittes selbst bekannt seyn. Diese zu finden ist in den meisten Fällen sehr schwierig. Am leichtesten kommt man zum Zwecke, wenn man sich dazu eine Stromgegend wählt, wo das Bett nicht sehr uneben ist, und wo die Ufer ziemlich gerade und parallel laufen. Da mißt man in einer auf die Richtung des Stromes senkrechten Ebene das Querprofil AeB (Fig. 39), indem man nach der ganzen

Breite des Flusses an der Oberfläche AB, mittelst eines Senkbleies, in verschiedenen Entfernungen AC, CD, DE, EF, FB, die dazu gehörigen Tiefen Cc, Dd, Ee, Ff mißt, hierauf die Endpuncte AcdefB mit einander verbindet. So findet man den ganzen Flächeninhalt, der dann mit der mittleren Geschwindigkeit multiplicirt, die in einer Secunde durchfließende Wassermenge gibt. Betrüge z. B. dieser Querschnitt 200 Quadratfuß, und wäre die mittlere Geschwindigkeit 4 Fuß, so betrüge die Wassermenge, die in einer Secunde durch diesen Querschnitt geht, 800 Kubikfuß.

92.

So lange durch jeden Querschnitt des Flußbettes in derselben Zeit gleich viel Wasser fließt, wird der Fluß weder steigen noch fallen, sondern sich im Beharrungszustande befinden. So lange dieser Zustand vorhanden ist, muß durch den kleineren Querschnitt das Wasser schneller fließen, oder wo dieses wegen Hindernissen nicht seyn kann, sich ein größeres Bett zu machen suchen. Deßhalb bewirket jede Verengung des Flußbettes durch Brücken, Separationswerke und andere Bauten eine Vermehrung der Geschwindigkeit oder ein Steigen des Wassers; eben deßhalb fließen Ströme so ungemein schnell, wenn sie zwischen Bergen eingeklemmt werden, wie dieses am meisten beim Connecticut in Amerika der Fall ist, welcher von einer Breite von 400 Ellen auf 15 Fuß eingeengt wird, und dadurch eine so große Schnelligkeit erlangt, daß er Goldstücke mit sich fortreißt, und daß man mit aller Kraft kein Brecheisen ins Wasser stoßen kann.

Hieraus erklärt es sich auch, warum die Krümmungen (Serpentinen) eines Flusses so viel zu Ueberschwemmungen

beitragen. Dieſe vermindern nämlich die Geſchwindigkeit des Waſſers und verurſachen ein Steigen desſelben oberhalb der Serpentine und deßhalb ein Austreten aus dem Bette. Man hat Beiſpiele in Menge, daß Länder an Flüſſen nur dadurch von dem Uebel jährlicher Ueberſchwemmungen befreit werden konnten, daß man dem Fluſſe eine gerade Richtung gab, oder ſogenannte Durchſtiche veranſtaltete. Die oben angeführte Wahrheit enthält auch den Schlüſſel zur Erklärung der Erſcheinung, daß Flüſſe, die ſich unter einem großen Winkel in einen anderen ergießen, mit häufigen Austreten aus ihrem Bette Schaden anrichten, dem man nicht anders abhelfen kann, als indem man die Einmündung unter einem ſpitzigeren Winkel veranſtaltet. Denn, wenn z. B. AB (Fig. 40) der Hauptſtrom iſt, der von A nach B fließt, CD ein Fluß, der ſich in ihn ergießt, ſo muß durch das Einſtrömen des Waſſers die Geſchwindigkeit des erſten, und die des zweiten vermindert werden, und dadurch ein Austreten erfolgen.

93.

Bekanntlich ſind Flüſſe gar ſelten in einem Beharrungszuſtande, beſonders wenn ſie von vielen Nebenflüſſen Waſſer erhalten, von denen bald der eine, bald der andere im Anſchwellen begriffen iſt. Wiewohl dieſer Beharrungszuſtand unter allen Waſſerhöhen Statt haben kann, ſo muß er doch beim niedrigſten Stande immer eintreten, weil da die Nebenflüſſe das wenigſte Waſſer bringen, und eben deßhalb ſo leicht kein Anſchwellen erfolgt.

94.

Sobald ein Fluß von oben durch irgend eine Veran-

lassung einen größeren Zufluß erhält, wird der Beharrungszustand aufgehoben; dort wo der größere Zufluß ist, tritt das Wasser aus, wenn das Bett nicht alles fassen kann, und vermehrt theils durch den verticalen Druck, theils durch das größere Bestreben fortzufließen, auch die Geschwindigkeit des unteren Wassers, wodurch häufig eine Veränderung der Wasserhöhe in demselben hervorgebracht wird. Deßhalb herrscht auch in vielen Gegenden die Meinung, das plötzliche Fallen des Wassers lasse ein eben so schnelles Steigen befürchten. Wegen der größeren Höhe des Wassers im oberen Theile fließt dasselbe über das andere her, und bewirkt so ein Anschwellen des ganzen Flusses, welches desto größer ist, je größer die zufließende Wassermasse, je geringer die mittlere Geschwindigkeit des Flusses im Beharrungszustande, je kürzer und seichter das Flußbett ist.

95.

Weil das Wasser in Flüssen und Canälen nur wegen der Neigung der Bahn weiter fließt, so muß ein Fluß überhaupt eine desto größere Geschwindigkeit haben, je größer sein Gefälle ist. Dieses bestätiget die Erfahrung durchaus, indem sie lehrt, daß Gebirgsflüsse mit großem Gefälle eine äußerst bedeutende Geschwindigkeit haben, wie dieses an der Etsch, Drau, Traun, Eisach, Enns der Fall ist. Ausnahmen gibt es nur da, wo das Flußbett durch steile Absätze unterbrochen ist, die einen Wasserfall verursachen, und deßhalb einen großen Theil der Geschwindigkeit aufheben, wie man dieses bei der Traun sehen kann, die nach dem bekannten Falle oberhalb Lambach viel langsamer fließt. Auch Wehren, die in Flüsse hineingebaut sind, und einen Aufstau und

Wirbel verursachen, bewirken eine ähnliche Verminderung der Geschwindigkeit.

96.

Wenn auch das Wasser in Flußbetten das mit einem Körper, der sich über eine schiefe Fläche bewegt, gemein hat, daß beider Geschwindigkeit von dem Neigungswinkel dieser Fläche abhängt, so würde man sich doch irren, wenn man glaubte, das Wasser müsse eben so wie ein fester Körper mit gleichförmig beschleunigter Bewegung fortschreiten. Die vielen Hindernisse, welche besonders in den Unebenheiten des Bodens liegen, lassen selten eine Vermehrung der Geschwindigkeit zu, und der Theil der Schwere, der das Wasser auf der schiefen Ebene beschleunigen sollte, muß verwendet werden, um diesen Hindernissen ein Gleichgewicht zu halten. Deßhalb bewegt sich das Wasser meist gleichförmig vorwärts.

Einige Vorrichtungen, welche durch Wasser bewegt werden.

97.

Durch zufließendes Wasser lassen sich die mannigfaltigsten Bewegungen hervorbringen. Vorzüglich glücklich war man in den Versuchen durch den Wasserdruck abwechselnd hin- und hergehende Bewegungen hervorzubringen; die sinnreichsten darunter sind Fig. 41, 42, 43, 44 abgebildet.

Fig. 41 stellt einen Mechanismus vor, der auf folgende Weise bewegt wird. Das von c in das Fach e fließende Wasser bewirkt durch seinen Druck, daß sich das ganze Gefäß um seine Axe dreht, und so lange sinkt, bis es durch die Stütze g aufgehalten wird. Während sich das Gefäß neiget,

fließt das Waſſer aus dem Fache e heraus, hingegen füllt ſich das andere Fach d. Sobald dieſes voll iſt, erfolgt wieder eine Drehung des Gefäßes, bis es die Stütze n aufhält. Dadurch kommt wieder e in ſeine erſte Lage, und es kann das Spiel von Neuem beginnen. Die Bewegung des Waſſergefäßes kann mittelſt der Axe irgend einer Maſchine mitgetheilt und mannigfaltig modificirt werden, durch Mittel, welche in der Folge vorkommen ſollen.

Fig. 42 ſtellt eine andere Vorrichtung zu demſelben Zwecke vor. Das von A kommende Waſſer füllt das Faß B, deſſen Boden eine Klappe hat, die an einem Stricke b befeſtiget iſt, und durch einen aufwärts gerichteten Zug geöffnet werden kann, und macht es ſinken. Sobald es ſo tief ſteht, daß der Strick b geſpannt iſt, ſo bewirkt der fernere Waſſerdruck, daß ſich die Bodenklappe öffnet, und das Waſſer ausfließt. Iſt dieſes geſchehen, ſo zieht das Gegengewicht E mittelſt des Balkens F das Faß wieder in die Höhe, und da dadurch der erſte Zuſtand wieder hergeſtellt iſt, ſo beginnt auch die vorige Bewegung von Neuem.

Auf ähnliche Weiſe wird die Vorrichtung Fig. 43 in Bewegung geſetzt. A und A′ ſind zwei Waſſerbehälter, deren jeder eine Bodenklappe hat, B und B′ zwei Gefäße, die an dem Balken C befeſtiget ſind, und auch am Boden eine Klappe e und e′ haben. Hat B den oberſten Platz, ſo ſteht die Klappe in A offen, B füllt ſich mit Waſſer, und wird dadurch zum Sinken gebracht. Sobald es mit dem Stiele, der an der Klappe e haftet, auf den Boden aufſtoßt, öffnet ſich die Klappe, und das Waſſer fließt aus. Während aber dieſes vorgeht, füllt ſich B′ mit Waſſer, weil es durch das Sinken

von B hinaufsteigt, sinkt, nachdem es sich gefüllt hat und B ausgeleert ist, und hebt dadurch wieder B, und so fort.

Fig. 44 stellt noch einen anderen Mechanismus vor.

A ist ein Bach oder sonstiger Wasserbehälter, der zu beiden Seiten ein Schutzbret a und a′ hat, das mit B in Verbindung steht. C und C′ sind 2 Gefäße, denen da, wo sie an A anstehan, die Seitenwand fehlt. Hat C′ den obersten Platz, so steht a′ offen, C′ füllt sich mit Wasser, und wird dadurch hinabgedrückt. Sobald es unter E′ steht, fließt das Wasser aus, und während dieses geschieht, füllt sich wieder C, wie vorhin C′ u. s. w.

Einige Vorrichtungen zum Wasserheben.

98.

Auf den bisher erwähnten Gesetzen des Druckes und der Bewegung des Wassers beruhen auch einige Vorrichtungen, die man nicht selten anwendet, um das Wasser selbst zu heben. Diejenigen dieser Vorrichtungen, die hieher gehören, sind: das Paternosterwerk, die Schwammmaschine und Kastenkunst, nebst der Schaufelkunst.

Das Paternosterwerk (Püschelkunst) hat die Einrichtung, welche Fig. 45 zeigt. Ueber zwei Walzen A und B, die gegen die Mitte zu etwas dünner werden, und der Länge nach Vertiefungen haben, übrigens an einem verticalen Gerüste befestiget sind, geht ein Strick oder eine Kette ohne Ende, die so gespannt ist, daß sie sich, wenn eine der Walzen gedreht wird, auch mit beweget. An diesem Stricke sind in gleichen Entfernungen von einander Püscheln angebracht, d. i. lederne mit Haaren ausgestopfte kugelför-

mige oder ovale Körper; dieſe gehen durch eine Röhre CD, die mit einem Ende im Waſſer ſteht, und am anderen Ende eine Ausgußöffnung hat. Wird nun die Walze A ſo gedreht, daß ſich die Püſcheln nach einander in die Röhre CD von unten hineinſchieben, ſo nehmen ſie eine Waſſerſäule mit ſich, welche die Röhre CD ausfüllt, bis auf den Theil, welchen die darin enthaltenen Püſcheln einnehmen.

Nimmt man ſtatt der Püſcheln Schwämme, die das Waſſer einſaugen, und bringt oben eine Vorrichtung an, welche die oberſten Schwämme ausdrückt, ſo erhält man dadurch Löſchers Schwammmaſchine. Hat man ſtatt der Püſchel Käſtchen oder kleine Eimer, und ſtatt der Walzen eine ſechsſeitige Welle, ſo ſchöpfen diejenigen von ihnen Waſſer, die über die untere Stelle geführt werden, ſteigen damit gefüllt in die Höhe, gießen es da, wo ſie über die obere Welle gehen, in einen Behälter oder in eine Rinne aus, und ſteigen leer auf der anderen Seite wieder herab. Die ſo eingerichtete Maſchine heißt dann Kaſten- oder Eimerwerk.

Die Schaufelkunſt hat ſtatt der Röhre, welche einen Theil des Püſchelwerkes ausmacht, eine ſchiefliegende, viereckige Rinne, durch welche viereckige Breter, die an die Wände der Rinne ziemlich gut anſchließen und an eine Kette ohne Ende befeſtiget ſind, hinaufgezogen werden. Die Kette beſteht meiſtens nur aus eiſernen Stäben, die mit Gelenken an einander befeſtiget ſind. Steht das untere Ende dieſer Rinne im Waſſer, ſo ſchiebt jedes Bretchen, das in die Rinne hineintritt, eine Waſſerſäule vor ſich her, und führt ſie bis zum oberſten Ende der Rinne.

G. Druck der Luft.

99.

Die atmosphärische Luft ist jene feine durchsichtige Masse, welche unsere Erde rings umgibt, in der wir athmen und leben, die im bewegten Zustande als Wind die Segel der Schiffe schwellt, die Wogen des Meeres hebt, Staub und Sand, wohl auch Gebäude und Eichbäume fort reißt, die Windmühlflügel treibt, und durch ihren Druck und ihre Ausdehnsamkeit unzählige Wirkungen hervorbringt. Sie ist fast ganz farbenlos, erscheint uns nur in sehr großen Massen blau, und bildet jenes herrliche Gewölbe, das wir unter dem Namen Firmament kennen.

100.

Die atmosphärische Luft ist ein Körper, dessen Theile ungemein leicht beweglich sind, dabei ein beständiges Bestreben besitzen, sich von einander zu entfernen, ihren Rauminhalt zu vergrößern, sich auch zusammen drücken lassen, übrigens auch schwer sind, und ein Gewicht haben.

101.

Wenn man sich von der Schwere der atmosphärischen Luft überzeugen will, so nehme man eine gläserne hohle Kugel, die mit einem Hahne luftdicht verschlossen werden kann, und wäge sie ab. Nimmt man sie von der Wage weg, und ziehet durch Saugen mit dem Munde, oder viel besser mit einer Pumpe, wie sie in der Folge beschrieben werden soll, etwas Luft heraus, und schließt dann den Hahn, so wird man ihr Gewicht vermindert finden. Dieses könnte nicht seyn, wenn nicht die Luft ein Gewicht hätte.

102.

Die Schwere der Luft bewirkt einen Druck von oben nach unten, dieser pflanzt sich wie beim Wasser wegen der leichten Beweglichkeit der Theile nach allen Seiten fort, so daß jedes im Gleichgewichte befindliche Lufttheilchen nach allen Seiten gleich stark gedrückt wird. Man kann daher aus dem bekannten Drucke nach einer Seite auf den nach jeder anderen einen sicheren Schluß machen.

103.

Der Druck, den die Luft auf eine gegebene Fläche ausübet, hängt nothwendig von der Größe dieser Fläche, von ihrer Entfernung vom obersten Ende der Atmosphäre, und vom specifischen Gewichte der Luft ab. Wenn man daher diesen Druck berechnen wollte, so müßten diese Größen bekannt seyn; allein wir kennen die Höhe der Atmosphäre nicht so genau, als es eine solche Berechnung fordert, auch ist das specifische Gewicht der Luft nicht in allen Höhen gleich groß, sondern es nimmt nach oben zu immer ab. Daher läßt sich auf dem angegebenen Wege der Luftdruck nicht berechnen. Glücklicher Weise gibt es ein Instrument, in welchem eine Queckſilbersäule mit dem Luftdrucke im Gleichgewichte steht. Man kann daher statt der Höhe der drückenden Luftsäule die Höhe dieser Queckſilbersäule, und statt des specifischen Gewichtes der Luft das des Queckſilbers setzen. Das Instrument, von dem hier die Rede war, ist das allenthalben bekannte Barometer. Wäre die Barometerhöhe 28 Zoll $= 2\frac{1}{3}$ Fuß, die gedrückte Fläche 1 Quadratfuß und das specifische Gewicht des Queckſilbers $13\frac{6}{10}$, mithin ein Kubikfuß 768Pf., so wäre der Druck auf diese Fläche $= 2\frac{1}{3} \times 768 = 1792$ Pf.

Wollte man berechnen, welchen Druck die Luft auf einen Menschen ausübet, so dürfte man nur seine Oberfläche mit 1792 Pf. multipliciren. Der Erfahrung gemäß beträgt die Oberfläche eines Menschen von mittlerer Größe 15 Quadratfuß, daher der Luftdruck auf ihn $15 \times 1792 = 26880$ Pf.

104.

Um mittelst des Barometers den Luftdruck und das, was damit im Zusammenhange steht, richtig bestimmen zu können, muß es richtig gebaut seyn. Die Röhre muß wenigstens 1 Linie weit, ganz rein, mit reinem Queckſilber gefüllt und mittelst Feuer von aller Luft gereiniget seyn; sobald man nur ein geringes Luftbläschen am Queckſilber bemerken kann, ist das Barometer schon unrichtig. Dasselbe findet Statt, wenn die Glasröhre spitzig zulauft, denn dann kann man nie alle Luft rein herausbringen, und ein Barometer der Art steht immer zu tief. Man erkennt leicht das Daseyn eines Luftbläschens im oberen Raume des Barometers, wenn man es neigt, so daß das Queckſilber die ganze Glasröhre einnehmen muß. In jedem von Luft wohl gereinigten Instrumente schlägt das Queckſilber mit einem so hellen Klange an das Glas, als wenn Metall an Metall stieße; ist daher dieser Schlag dumpf, so kann man mit Gewißheit auf das Daseyn von Luft schließen.

Ist das Barometer ein sogenanntes Gefäßbarometer, wie man gewöhnlich im gemeinen Leben als Wetterpropheten braucht, und in Fig. 46 abgebildet ist; so muß das Gefäß A wenigstens 10mahl weiter seyn als die Röhre, damit in demselben die Veränderungen des Queckſilberstandes so klein als möglich ausfallen.

105.

Auf dem Drucke der Luft beruhet eine Reihe der interessantesten und nützlichsten Vorrichtungen und Erscheinungen des bürgerlichen Lebens, wie z. B. die Wirkung der Spritzen, des gekrümmten Hebers, die Saug- und die Druckpumpen, die Feuerspritzen u. d. m.

106.

Wird eine Spritze, in welcher der Kolben bis auf den Boden des Cylinders hinabgedrückt wurde, mit einem Ende in Wasser getaucht, und dann der Kolben in die Höhe gezogen; so entsteht im Inneren des Cylinders ein luftleerer oder ein mit verdünnter Luft erfüllter Raum, und der Druck, den die äußere Luft auf das Wasser ausübet, bewirkt ein Aufsteigen des Wassers im Cylinder. Offenbar muß es bis zu einer Höhe steigen, bei der sein Druck sammt dem der verdünnten eingesperrten Luft dem Drucke der äußeren Luft das Gleichgewicht hält.

107.

Jede gekrümmte Röhre, wovon ein Schenkel länger ist, als der andere, stellt einen gekrümmten Heber vor. Füllt man einen solchen Heber mit Wasser oder einer anderen Flüssigkeit ganz an, und dreht ihn dann um, so fließt es ganz durch den längeren Arm ab. Die Ursache dieser Erscheinung liegt darin, daß bei der Stellung des Hebers, wo die Oeffnungen abwärts gekehrt sind, vom Luftdrucke, der in beiden Schenkeln fast mit gleicher Stärke aufwärts wirkt, durch den Wasserdruck nach abwärts im längeren Schenkel ein größerer Theil aufgehoben wird, als im kürzeren. Daher ist der Rest dieses aufwärts gerichteten Luftdruckes im kürzeren Schenkel grö-

ßer als im längeren, und die Flüssigkeit muß deßhalb durch den längeren abfließen. Daß die Schenkel eines solchen Hebers nicht über 32 Fuß hoch seyn dürfen, versteht sich von selbst, weil eine so hohe Säule dem Luftdrucke schon das Gleichgewicht hält.

108.

Man benützt den Heber im gemeinen Leben häufig, um damit eine Flüssigkeit in ein anderes Gefäß über zu füllen. Man braucht ihn nur mit dem kurzen Arme in die Flüssigkeit zu tauchen, so wie Fig. 47 zeigt, und am längeren zu saugen. Dadurch wird die Luft im Heber verdünnt, und die Flüssigkeit steigt in ihm hinauf. So bald sich der Heber einmahl gefüllt hat, fließt die tropfbare Masse so lange durch den längeren Arm ab, als das kürzere Ende eingetaucht ist. Man kann sich das Geschäft des Saugens bedeutend erleichtern, wenn man dem Heber die Form Fig. 48 gibt, wo in A eine Oeffnung angebracht ist. Hält man diese zu, so kann man am Rohre B bequem saugen, und so den Heber füllen. Sobald dieses geschehen ist, öffnet man A, und der Ausfluß geschieht durch diese Oeffnung. Man hat auch Heber, die man nicht durch Saugen, sondern durch Hineinblasen füllen kann, ja auch solche, wo man, statt mit dem Munde, mit einem Blasbalge saugt. Bringt man einen solchen Heber in einem Becher so an, daß ein Arm desselben durch den Boden des Bechers geht, während der andere nahe am innern Boden aufhört, wie Fig. 49 zeigt, so hat man einen sogenannten Vexirbecher. Wird dieser nicht bis ab gefüllt, so hält er die Flüssigkeit; gießt man aber so viel nach, daß sie bis ab

reicht, so beginnt die Heberwirkung, und die ganze Flüssigkeit geht durch den Boden davon.

Einen solchen Verirbecher stellt im Großen der Cirknitzersee in Krain dar, von dem man weiß, daß er bei starkem Regenwetter abzulaufen anfängt und ganz trocken wird, so daß man darin säen, ernten und jagen kann.

Eine sinnreiche Anwendung des Hebers wurde beim Canal von Languedoc veranstaltet. Dieser muß an einigen Stellen alles Wasser aufnehmen, das von den nahen Bergen herabläuft, ein Umstand, der leicht ein sehr gefährliches Ueberfließen verursachen könnte, wenn demselben nicht vorgebeugt würde. Deßhalb wurden große gemauerte Heber angebracht, deren höchster Punct da ist, wo das Wasser den höchsten Stand hat, den es erreichen darf. Steigt es nun höher, so beginnt die Heberwirkung, und es würde der ganze Canal ausgeleeret werden, wenn man nicht die Vorsicht gebraucht hätte, am kürzeren Schenkel in der Höhe des gewöhnlichen Wasserstandes eine Oeffnung anzubringen. Sobald das Wasser bis zu dieser Oeffnung gesunken ist, hört die Heberwirkung wieder auf.

109.

Ein Saugwerk ist bestimmt um Wasser durch Saugen auf eine bestimmte Höhe zu heben. Es besteht aus einem hohlen Cylinder AB (Fig. 50), an dessen einem Ende B eine kleine Röhre (Saugröhre) angesetzt ist, die bis in das zu hebende Wasser reichet, und zum Theile darin steht, Wo die beiden Röhren zusammengesetzt sind, hat der große Cylinder ein Ventil a, das sich von unten nach oben öffnet, und am oberen Ende eine Ausgußröhre. In diesem Cylinder

kann ein Kolben C durch irgend eine mechaniſche Vorrichtung auf und ab bewegt werden, der ebenfalls ein Ventil b hat, das ſich von unten nach oben öffnet.

Aus dieſem ſieht man, daß durch das Aufziehen des Kolbens zwiſchen ihm und dem Bodenventile des Cylinders ein luftleerer, oder doch mit verdünnter Luft gefüllter Raum entſteht, in welchem durch den Druck der äußeren Luft das Waſſer aufſteigt, nachdem es das Ventil geöffnet hat. Sinkt nun der Kolben wieder, ſo entſteht ein aufwärts gerichteter Druck auf das Ventil des Kolbens, der es öffnet, und das Waſſer über dem Kolben zu ſtehen bringt. Bei fortgeſetzter Arbeit wird dieſes Waſſer über dem Kolben ſo hoch ſteigen, daß es beim nächſten Hube durch die Ausgußröhre hervorfließt.

110.

Soll dieſes gehörig vor ſich gehen, ſo muß jedes Stück der Pumpe die nöthige Vollkommenheit beſitzen. Je mehr Waſſer man heben will, und je mehr Kraft einem zu Gebothe ſteht, deſto weiter kann der Cylinder werden; je höher das Waſſer ſteigen ſoll, deſto länger muß er ſeyn; doch kann das Waſſer nie über 32 Fuß gehoben werden, ſelbſt wenn, wie es ſeyn ſoll, der Kolben beim tiefſten Stande den Boden ganz berührt, weil eine Waſſerſäule von 32 Fuß ſchon mit dem Drucke der Atmoſphäre im Gleichgewichte ſteht. Der Spielraum des Kolbens, das iſt, der ganze Kolbenhub, beträgt nie über 10 Fuß, ja bei den gewöhnlichen Handpumpen ſogar nur $1\frac{1}{2}$ bis $\frac{1}{2}$ Fuß. Uebrigens iſt leicht erſichtlich, daß die Waſſermenge, die ein Werk in einer gewiſſen Zeit bei gleicher Weite des Cylinders liefert, deſto größer ſeyn muß, je mehr die Höhe des Kolbenhubes beträgt, und je

ſchneller der Kolben ſpielt; jedoch gibt es bei jeder Pumpe eine gewiſſe Geſchwindigkeit, die nicht ohne Verminderung des Effectes überſchritten werden darf; denn wenn man den Kolben ſchneller ſenken wollte, als das Waſſer durch die Ventile dringen kann, und wieder ſchneller heben, als das Waſſer von unten zu folgen im Stande iſt, ſo müßte der Ertrag der Maſchine kleiner ausfallen.

111.

Eine beſondere Aufmerkſamkeit fordern die Ventile. Sie ſind entweder Klappen- oder Kegel- oder Kugel- oder Muſchelventile.

Ein Muſchelventil ſtellt Fig. 51 dar. ABCD iſt eine, meiſtens aus Metall verfertigte Hülſe, die oben weiter als unten iſt. E iſt das eigentliche Ventil, das in die Oeffnung der Hülſe paßt, unten an ſeiner Mitte einen Stift hat, der durch einen an der Hülſe befeſtigten Steg geht, und durch einen Quernagel daſelbſt bei einer gewiſſen Höhe vom weiteren Aufſteigen zurückgehalten wird. Dieſe Ventile laſſen das Waſſer nicht frei durch, indem dasſelbe bloß durch eine ringförmige Oeffnung aufſteigen kann, und ſelbſt da nach ſchräger Richtung fortzugehen gezwungen iſt. Iſt E ein abgekürzter Kegel, ſo heißt das Ventil Kegelventil, welches dieſelben Fehler, wie das vorige hat. Nicht mehr zu empfehlen iſt das Kugelventil, welches ſich vom vorigen dadurch unterſcheidet, daß die Hülſe ſphäriſch ausgehöhlt iſt, und E eine ganze oder halbe Kugel vorſtellt. Die beſten Dienſte leiſten unſtreitig Klappenventile, deren eines Fig. 52 vorſtellt. Die Klappe ec wird meiſtens aus Leder gemacht, mittelſt einer ſchweifförmigen Verlängerung in c

befestiget, und zwischen zwei Metallplatten durch Schrauben eingeschlossen. Diese Ventile haben nur den Fehler, daß sie häufiger Reparaturen bedürfen.

112.

Die Kolben sollen gut schließen, eine geringe Reibung an den Wänden erleiden, und dabei doch dauerhaft seyn. Man verfertiget sie bei gewöhnlichen Saugwerken aus Hagebuchen- oder Erlenholz, bei sogenannten hohen Sätzen, wo eine bedeutende Wassersäule über dem Kolben steht, aus Metall. In beiden Fällen bekommen sie die Form eines abgekürzten Kegels, in dessen Mitte das Klappenventil angebracht ist. Wo die Höhe des Kolbenzuges nicht über einen halben Fuß beträgt, kann man auch das Ventil an dem Umfange des Kolbens anbringen. In diesem Falle macht man ihn kleiner als es die Oeffnung des Stiefels erfordert, läßt ihn aus zwei Theilen bestehen, klemmt zwischen beide eine runde Lederscheibe, deren Durchmesser den des Stiefels etwas übertrifft, und die beim Hinabdrücken des Kolbens einen ledernen Beutel formirt, wie Fig. 53 zeigt.

113.

Eine Druckpumpe unterscheidet sich von einer Saugpumpe dadurch, daß der Kolben kein Ventil hat; dafür ist aber an der Seite des Stiefels (Fig. 54) eine Röhre AB (Gurgel) angesetzt, die sich so hoch erhebt, als das Wasser steigen soll, und mit dem Stiefel durch ein Ventil a in Verbindung steht, das sich von diesem nach der Gurgel zu öffnet.

114.

Sobald der Kolben gehoben wird, muß durch das Bodenventil b Wasser in den Stiefel eindringen, dieses kann

beim Herabdrücken desselben nur durch das Seitenventil a in die Steigröhre entweichen, und muß daselbst bei fortgesetztem Spielen des Kolbens so lange steigen, bis es an die Ausgußröhre gelangt. Je größer der Kolbenhub und je kleiner der Durchmesser der Steigröhre gegen den des Stiefels ist, desto höher steigt das Wasser bei jedem Drucke, und desto mehr Kraft braucht man, um den Kolben herabzudrücken, aber desto stärker muß alles gebaut seyn.

115.

Von den Ventilen der Druckwerke gilt alles das, was von den an Saugpumpen angebrachten gesagt wurde; nur der Kolben bedarf hier einer anderen Einrichtung, weil er kein Ventil hat. Man macht ihn gewöhnlich aus Leder, indem man mehrere Scheiben über einander legt, sie zwischen zwei Platten von Metall einschließt, und mittelst einer Schraube zusammenpreßt. Am einfachsten verfährt man, wenn man ihm die Form Fig. 55 gibt. ABCD ist ein hölzerner, mit weichem dünnen Leder umwundener Körper. Das Leder steht oben und unten ein Paar Zolle vor, und ist in der Mitte mittelst starker Schnüre befestiget. Die hervorstehenden Lederlappen werden durch das Wasser an die Wände fest angedrückt, und verschließen ihm den Durchgang, ohne eine starke Reibung hervorzubringen, bewirken auch selbst, wenn sie bedeutend abgenützet sind, noch einen guten Schluß.

116.

Aus dem bisher Erklärten sieht man wohl, daß sich mit einer einzigen Saug- oder Druckpumpe kein ununterbrochener Strom erreichen läßt. Um diesen, wenn auch nicht vollständig zu bewirken, muß man zwei oder mehrere Werke dieser

Art so zusammensetzen, daß bei einem der Kolben steigt, wenn er beim anderen sinkt, und umgekehrt. Will man Wasser auf eine größere Höhe bringen, als dieses mit einer Pumpe möglich ist, so muß man mehrere über einander stellen, und von der unteren stets der oberen Wasser zubringen lassen. In Bergwerken sind solche Werke, die man Wiederhohlungspumpen nennt, nicht selten.

117.

Zwei Druckwerke, deren Steigröhren das Wasser in einen Windkessel führen, übrigens trag- oder führbar sind, und das Wasser aus einer beweglichen Röhre oder einem biegsamen Schlauche hervorspringen machen, bilden die gewöhnliche Feuerspritze; wiewohl man auch hier und da noch welche antrifft, die keinen Windkessel haben, oder wo nur ein Druckwerk demselben Wasser zuführt. Der Bau des Windkessels ist in Fig. 56 besonders dargestellt. Er besteht aus einem luftdichten Gefäße, in welches eine Röhre AB fast bis auf den Boden reicht, und am anderen Ende in die Ausflußröhre übergeht.

118.

Der Zweck der Feuerspritze ist, brennende Körper zu löschen, d. i. sie mit einer Wasserschichte zu bedecken, mit Dämpfen zu umhüllen, und dadurch der Luft den Zutritt abzuschneiden, oder durch das Wasser ihnen so viel Wärme zu entreißen, daß der übrige Antheil nicht mehr hinreicht, sie brennend zu erhalten. Dieser Zweck wird am vollkommensten erreicht, wenn die Spritze einen ununterbrochenen und unzertheilten Wasserstrom seitwärts oder von unten auf die brennende Masse leitet. Ein von oben herabkommender Was-

ſerſtrahl löſcht ſelten gut, weil er oft ſchon in Dünſte verwandelt wird, ehe er den brennenden Körper erreicht. Manchmahl facht er das Feuer erſt recht an; denn wenn die Hitze ſchon ſehr zugenommen hat, ſo wird das Waſſer in ſeine Beſtandtheile zerſetzt, worunter ſich einer befindet, der ſelbſt brennt, während der andere das Brennen mächtig unterſtützt. Da die Spritzen ohne Windkeſſel das Waſſer nur ſtoßweiſe auswerfen, ſo ſind ſie nicht ſo brauchbar, als die mit einem Windkeſſel verſehenen. Um den Strahl unzertheilt zu erhalten, müſſen die Gußröhren und Mundſtücke eine zweckmäßige Einrichtung haben, und alle Theile zu einander im gehörigen Verhältniſſe ſtehen. Die Gußröhre macht man am beſten cylindriſch mit durchbohrter Mündungsplatte. Bei einem Windkeſſel von 20 Zoll Höhe ſoll ſein Durchmeſſer doppelt ſo groß ſeyn, als der des Stiefels. Nicht ſelten verſieht man die Feuerſpritzen auch noch mit einem Zubringer, der gewöhnlich aus einem Saugwerke beſteht, welches in ledernen Schläuchen das Waſſer aus einem nahen nicht zu tief liegenden Brunnen bringt und es in den Waſſerkumm ausgießt.

119.

So lange der Luftdruck nach allen Seiten mit gleicher Stärke wirkt, kann er keine Bewegung hervorbringen; ſo wie er aber auf einer Seite vermindert wird, kann ſchon eine Bewegung nach der Seite entſtehen, wo der Druck vermindert wurde. Dieſen Grundſatz benützte Romershauſen zur Conſtruction einer Preſſe, bei welcher der Luftdruck dieſelben Dienſte leiſtet, wie bei Real's und Bramah's Preſſe der Waſſerdruck. Denkt man ſich in Real's Preſſe (Fig. 18) an CD eine Röhre ſtatt des dortigen Trichters angeſetzt, die mit

einer Pumpe in Communication steht, mittelst der man, wie mit einer Saugpumpe die Luft verdünnen kann, so wird man wohl begreifen, daß ein Verdünnen der Luft in dessen Röhre dieselbe Wirkung auf die im Cylinder ABCD enthaltene Masse hervorbringen wird, wie eine Wässersäule in der Röhre KH.

120.

Der aufwärts gerichtete Luftdruck muß offenbar ähnliche Erscheinungen hervorbringen, wie der Wasserdruck. Es muß daher auch ein Körper in der Luft so viel von seinem Gewichte verlieren, als die durch ihn verdrängte Luft wiegt, und jeder Körper, dessen specifisches Gewicht kleiner ist, als das der Luft, muß in ihr in die Höhe steigen. Auf diesen beruht eine sehr interessante Erscheinung, die besonders im verflossenen Jahrhunderte, wo sie das erstemahl gesehen wurde, sehr viel Aufsehen machte, nämlich das Aufsteigen der Luftbälle oder Aerostaten.

121.

Ein Luftball ist ein luftdichtes Gefäß, welches mit irgend einer ausdehnsamen Materie gefüllt, noch leichter ist als die atmosphärische Luft unter demselben Rauminhalte. Den ersten Versuch machten die Gebrüder Mongolfier zu Annonay den 5ten Juni 1783 mit einer papierenen Kugel von 35 Fuß im Durchmesser, die mit erwärmter Luft gefüllt wurde, und auf eine Höhe von 6000 Fuß stieg.

Heut zu Tage macht man die zur Luftschifffahrt bestimmten Ballons aus Taffet, der erst gehörig zugeschnitten, und dann mit einem Firnisse überstrichen wird, welcher aus Leinöhl und Vogelleim zusammengekocht und mit Terpentin ver-

dünnt ist. Diese stark zusammen genähten Stücke werden abermahl mit demselben Firnisse überzogen. Man füllt den Ballon mit einer Luftart, die vielmahl leichter ist, als die atmosphärische Luft, und am leichtesten aus verdünnter Schwefelsäure und Eisenfeile bereitet wird. Will jemand mitfahren, so versieht man den Ballon mit einem Kahne, der an starken Schnüren hängt, und mit einer Klappe, durch die man Luft herauslassen, sich dadurch senken, wohl auch dem Zerspringen des Ballons, das in der höheren und dünneren Luft zu besorgen wäre, vorbeugen kann. Es ist klar, daß ein Ballon nicht eher steigt, als bis er einen Umfang hat, bei dem das Gewicht der verdrängten Luft das des Ballons sammt Zugehör übertrifft. Deßhalb steigt nicht jeder Ballon, von jeder Größe und von jedem Materiale. Der kleinste Ballon aus Taffet muß, wenn er steigen soll und kugelförmig ist, 3 Fuß 4 Lin. im Durchmesser haben; von Postpapier reicht eine Größe von 9 Zoll 2 Lin. hin. Zu Versuchen im Kleinen taugen Bälle aus Goldschlägerhäutchen am besten, weil sie die Luft gut halten, und schon bei einer Größe von 6 Zoll im Durchmesser steigen. Indeß kann man den größten Ballon nicht ins unendliche steigen machen, weil er immer in dünnere Luftschichten kommt, je mehr er sich erhebt; er muß deßhalb bald eine erreichen, in welcher sein Gewichtsverlust seinem Gewichte gleich kommt. Da bleibt er dann schweben, und wird nur vom Winde fortgetrieben. Die größte Höhe, welche ein Luftballon je erreichte, beträgt 22196 W. Fuß.

Zweites Kapitel.

Ausdehnsamkeit.

A. Ausdehnsamkeit der Luft.

122.

Von der Ausdehnsamkeit der Luft, oder ihrem Bestreben den Rauminhalt zu erweitern, überzeugt man sich auf mannigfaltige Art. Bindet man eine mit Luft gefüllte Blase wohl zu, so kann man sie zusammendrücken; sobald aber die drückende Kraft nachläßt, dehnt sie sich wieder zu ihrer vorigen Größe aus. Läßt man einen Theil Luft heraus, so wird dadurch kein Theil der Blase luftleer, sondern sie erfüllt, wiewohl mit geringerer Dichte, die ganze Blase. Dasselbe bemerkt man, wenn man ein Gefäß, z. B. ein Weinglas mit der Oeffnung nach unten gekehrt in Wasser tauchet. Die darin enthaltene Luft wird desto mehr zusammengedrückt werden, und dem Wasser Platz machen, je tiefer das Glas eingetaucht wird, aber beim Herausziehen desselben wieder den vorigen Raum einnehmen. Daß das Wasser nicht das ganze Gefäß ausfülle, dieses verhüthet die Undurchdringlichkeit, vermöge welcher nie zwei Körper zugleich denselben Raum einnehmen können. Was ein solches Gefäß im Kleinen, dasselbe ist die Taucherglocke im Großen. Letztere ist nämlich ein glockenförmiges Gefäß, meistens mit metallenen Wänden, und von einer solchen Größe, daß wenigstens ein Mensch sammt der zum Athmen auf einige Zeit nöthigen Luft darin Platz hat. Man braucht sie, um allerlei Sachen vom Meeresgrunde herauf zu hohlen, oder daselbst Bauten zu errichten. Der be-

rühmte Halley verweilte mit noch vier andern Personen in einer solchen Glocke, die 8 Fuß hoch, oben 3 Fuß, unten 5 Fuß weit war, eine halbe Stunde auf dem Meeresgrunde. Doch kann man sich mittelst dieser Vorrichtung nicht zu jeder Tiefe hinablassen, weil in der durch den Druck des Wassers zu sehr verdichteten Luft das Athmen zu sehr erschwert wird.

123.

Die Ausdehnsamkeit der Luft ist nicht immer gleich groß, sondern ändert sich mit ihrer Wärme und Dichte. Je dichter und je wärmer sie ist, desto größer ist auch ihre Ausdehnsamkeit. Vom ersteren überzeugt man sich dadurch, daß eine Blase desto mehr gespannt wird, je mehr Luft man hineinbläst, ja daß sie dadurch sogar zersprengt werden kann; vom zweiten aber, indem man eine mit Luft gefüllte zugebundene, aber übrigens schlappe Blase über Kohlenfeuer hält, wobei man bemerkt, daß sie anschwillt und so sehr strotzet, daß bei gar großer Erhitzung das Zerspringen der Blase zu befürchten ist.

124.

Auf der Vermehrung der Ausdehnsamkeit der Luft durch Verdichtung beruhen eine Menge nützlicher Vorrichtungen, z. B. der Heronsball, der Heronsbrunnen, der schwimmende Springbrunnen, die Wirkung der Windbüchsen, alle Arten Gebläse, die gemeine und die Compressionspumpe.

125.

Heronsball ist dasselbe, welches früher Windkessel genannt wurde, nämlich ein Gefäß, dessen Inneres mit der äußeren Luft nur mittelst einer engen, fast bis auf den Boden reichenden Röhre in Verbindung steht. Wird dieses auf ir-

gend eine Art mit Waſſer gefüllt, und die ober ihm befindliche Luft verdichtet, ſo muß das Waſſer durch die Röhre herausſpringen.

Denkt man ſich einen Heronsball unten offen, wie Fig. 57 zeigt, etwas ſpecifiſch leichter als Waſſer, und ſo eingerichtet, daß er auf demſelben mit vertical ſtehender Röhre ab ſchwimmt; ſo wird das Waſſer hervorſpringen, weil durch das Gewicht des Gefäßes die in demſelben enthaltene Luft verdichtet wird, und es ſtellt einen ſchwimmenden Springbrunnen vor.

126.

Den Heronsbrunnen ſtellt Fig. 59 dar. A und B ſind zwei luftdichte Gefäße, die durch zwei Röhren ab und cd mit einander in Verbindung ſtehen; ab geht durch das ganze Gefäß A, und reicht im Gefäße B faſt bis auf den Boden; cd fängt am oberen Boden von B an, und endet nahe am oberen Boden von A. Füllt man zuerſt A bis auf eine beliebige Höhe mit Waſſer, ſchließt es luftdicht und läßt auch durch ab etwas Flüſſigkeit nach B gelangen, ſo wird dadurch die Luft aus B vertrieben, die Luft in A verdichtet, und daher das Herausſpringen aus A durch ef bewirkt. Sammelt ſich nun das herausſpringende Waſſer in dem ſchüſſelförmigen Aufſatze des oberen Gefäßes, ſo wird es beſtändig durch ab nach B herabfließen, und das fernere Springen des Waſſers durch ef ſo lange unterhalten, bis B mit Waſſer und A mit Luft gefüllt iſt. Der Sprung wird deſto höher ſeyn, je weiter A und B von einander entfernt ſind.

127.

Hell ſetzte Heronsbälle auf eine ſehr ſinnreiche Weiſe zu-

sammeln, und benützte sie, um aus den Bergwerken zu Schemnitz in Ungarn das Wasser, welches sich daselbst ansammelte und dem Bergbaue hinderlich war, heraus zu heben. Die Fig. 58 gibt eine Abbildung dieser Vorrichtung. AB ist die Oberfläche des Wassers außerhalb der Gruben, das zum Betriebe der Maschine verwendet wird, C ist der Ort, wo sich das Wasser in dem Schachte ansammelt, D derjenige, wohin es geschafft werden soll, E und F sind zwei Gefäße von Metall. Das Druckwasser in AB steht durch die Röhre ab mit F in Communication, wenn der Hahn c offen ist, d und e sind Seitenröhren in F, sie können durch Hähne verschlossen werden, fg verbindet F und E, und hat auch in f einen Hahn. Das Gefäß E hat wieder zwei Seitenröhren h und i, wovon die letztere mit dem zu hebenden Wasser in C communicirt, wenn es der Hahn gestattet; kl verbindet E mit dem Ausgußorte des Wassers D.

Wenn die Maschine wirken soll, so öffnet man zuerst die Hähne i und h, während die übrigen verschlossen sind. Da bringt das Wasser von C nach E, die Luft entweicht aus E durch die Röhre h, und so kann sich E ganz mit Wasser füllen. Sobald dieses geschehen ist, schließt man die Hähne i und h, öffnet dafür c und f. Nun bringt das Druckwasser in das Gefäß F ein, und vertreibt daraus die Luft. Diese geht durch die Röhre fg nach E, drückt daselbst auf das Wasser, und verursachet dadurch ein Aufsteigen durch die Röhre kl, bis es sich in D ergießt. Dieses Ausfließen kann natürlich nur so lange dauern, als E Wasser und F Luft enthält. Sobald F mit Wasser gefüllt ist, schließt man die Hähne c und f, und öffnet dafür e und d. Durch e kann das Wasser aus F nach D

abfließen, und durch d kann sich F mit Luft füllen, so daß die Sache wieder vollkommen in den ersten Stand zurückkehrt. Wird hierauf wieder i und h geöffnet, und werden alle übrigen Hähne geschlossen, so beginnt die Wirkung der Maschine von Neuem.

Kann das bis D gehobene Wasser noch nicht frei abfließen, so kann man es durch eine ähnliche Vorrichtung bis dahin heben, wo es einen freien Abfluß gewinnt.

128.

Bei einer Windbüchse ersetzt die Gewalt der verdichteten Luft das Schießpulver. Ihr vorderer Theil, der den auszuschießenden Körper, z. B. eine Kugel, enthält, ist daher ganz dem bei unseren Feuergewehren ähnlich, der hintere aber (Kolben) hat eine metallene Flasche in sich, in welcher die Luft verdichtet und so eingeschlossen ist, daß nur ein Druck von außen nach innen das Ventil, welches die Flasche schließt, öffnet, und einen Theil davon herausläßt. Sobald dieser angebracht wird, so treibt der herausdringende Luftstrom die Kugel mit großer Gewalt vor sich her. Eine Kugel von $\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser, bekommt eine Geschwindigkeit von 640 F., wenn sie aus einem 4 F. langen Laufe der Windbüchse bei 100mahl verdichteter Luft ausgeschossen wird. Daß man die Luft nur bis auf einen gewissen Grad verdichten darf, wenn man nicht wegen Zerspringen der Flasche Gefahr laufen will, versteht sich von selbst. Die Verdichtung der Luft bewirkt man mit einer eigens eingerichteten Pumpe, die man Compressionspumpe nennt. Sie besteht 1. aus einem hohlen Cylinder AB (Fig. 60), der sich mit einem Ende an die Flasche der Windbüchse anschrauben läßt, gegen

das andere Ende aber seitwärts eine kleine Oeffnung C hat; 2. aus einem Kolben D, der luftdicht im Cylinder auf und ab bewegt werden kann. Zieht man diesen über die Seitenöffnung C hinauf, und tauchet ihn dann wieder bis an den Boden hinab; so wird die im Cylinder befindliche Luft in die angeschraubte Flasche hineingepreßt, und wieder durch die äußere ersetzt, sobald der Kolben wieder über die Seitenöffnung empor gehoben wird.

129.

Der gemeine Blasbalg (Fig. 61) besteht aus zwei Bretern, die durch eine lederne Hülle zu einem luftdichten Gefäße vereiniget sind. An ihrer schmalen Seite setzt eine Röhre, Deute oder Diese genannt, den inneren Raum mit dem äußeren in Communication, am unteren Brete ist eine Klappe angebracht, die sich von außen nach innen öffnet. Sobald nun die Breter durch irgend einen Mechanismus aus einander gezogen werden, wird die Luft im Balge verdünnt, die äußere dichtere, mithin auch ausdehnsamere, dringt durch die Klappe hinein, und muß beim Zusammendrücken des Balges durch die Deute entweichen. Man kann ihn auch so bauen, wie Fig. 62 zeigt. Da ist das Ventil am hinteren verticalen Boden angebracht, und öffnet und schließt sich, wenn man den Blasbalg verlängert oder verkürzt. Man sieht wohl ein, daß ein solcher Blasbalg keinen ununterbrochenen Luftstrom gibt, und nicht selten statt durch die Klappe, durch die Deute Luft aufnehmen wird. Deßhalb zieht man den zusammengesetzten Blasbalg vor. Dieser besteht aus drei Bretern, die durch Leder verbunden, zwei Gefäße bilden, welche das dritte Bret zur gemeinschaftlichen Wand haben, wie Fig. 63 zeigt. Die

Bretter ab und cd haben Klappen, die sich nach innen öffnen, der Raum zwischen ef und cd communicirt mittelst der Deute mit dem äußeren. Indem man cd von ab entfernt, dringt durch die untere Klappe Luft ein, die beim Zusammendrücken durch die zweite Klappe in das obere Gefäß entweicht, und von da durch das Gewicht des oberen nicht selten eigens beschwerten Blattes ef durch die Deute hinausgetrieben wird.

Bedeutende Vorzüge vor diesem Blasbalge hat der von Fife angegebene, der sich von dem gewöhnlichen zusammengesetzten Balge dadurch unterscheidet, daß die untere Wand der Länge nach aus 2 Theilen besteht, deren jeder für sich ein mit Klappen versehenes Gefäß bildet, und die, indem sie wechselweise auf und ab bewegt werden, einen gleichförmigen Luftstrom bewirken. Nach Verhältniß des Bedarfes kann man auch nur eine Hälfte des Bodens in Bewegung setzen, und so nur den halben Blasbalg brauchen. Der untere Boden eines solchen Blasbalges sieht aus, wie Fig. 64 zeigt. AB ist die Zwischenwand, C und D sind die Ventile.

Ungeachtet dieser Vervollkommnung haben doch lederne Blasbälge, wenn sie ins Große ausgeführt werden, wie man sie bei Hüttenwerken braucht, manches Schwierige. Sie fordern wegen der großen Luftmasse, die sie zusammendrücken sollen, eine große Festigkeit des Leders, bekommen darum, wenn sie nicht immer sorgfältig mit Thran eingelassen werden, leicht Risse; deßhalb ist man oft gezwungen im Großen hölzerne Blasbälge anzuwenden.

130.

Diese bestehen aus zwei hölzernen luftdichten Kästen, von denen der obere über den unteren so geschoben werden

kann, wie es bei einer Schachtel mit dem Deckel geschieht; der untere Kasten hat eine Oeffnung mit einer Klappe, die sich beim Aufwärtsziehen des oberen Kastens nach innen öffnet. Damit beide Kästen recht wohl an einander schließen und der Luft keinen Ausgang gestatten, erhalten die Ränder des unteren bewegliche Leisten, die durch Federn an die Wände des oberen angedrückt, und mit Fett wohl eingeschmiert werden. Damit sie sich nicht werfen können, gibt man ihnen in kleinen Entfernungen von einander solche Einschnitte, daß von der ganzen Leiste nur ein dünner Span übrig bleibt. Sind solche Bälge von gutem Holze, wozu man wenigstens schon vor 10 Jahren gefälltes Fichtenholz nimmt, und werden sie oft genug gereinigt, so erhalten sie sich sehr lange in gutem Zustande.

131.

Bei großen gut eingerichteten Schmelzwerken werden nun bald die Blasbälge durch die hydrostatischen Gebläse ganz verdrängt seyn, weil sie mehr Luft, und diese ununterbrochen geben. Vorzüglich lobt man sich die Baader'schen Gebläse, deren Einrichtung im Wesentlichen darin besteht. ABCD (Fig. 65) ist ein cylindrischer oben offener Kasten von Eisen oder Kupfer, von dessen Boden zwei Röhren ab und cd lothrecht, bis ungefähr in die Mitte, in die Höhe steigen, am Ende mit Klappen (Kegelventilen) verschlossen sind, deren sich eine nach außen, die andere nach innen öffnet. Erstere endet unten gleich am Boden und ist bestimmt Luft in den Cylinder zu führen, die zweite geht unten durch den Boden hervor und führt die Luft aus dem Cylinder in den Ofen. EFGH ist ein zweiter Cylinder von gleichem Materiale mit dem ersten, in

welchen er so paßt, daß nur ein kleiner Zwischenraum bleibt; er hat in der Mitte einen Boden, und ist mit einer Vorrichtung verbunden, wodurch er abwechselnd auf und ab bewegt wird. ABCD wird so weit mit Wasser gefüllt, daß die Röhren ab und cd nur etwas darüber hervorragen. Wird nun der innere Cylinder in die Höhe gezogen, so dringt Luft von außen durch b hinein, senkt er sich wieder, so öffnet der Druck der verdichteten Luft die Klappe d der Ausflußröhre, und sie dringt durch cd an den Bestimmungsort. Um einen beständigen Luftstrom zu bekommen, müssen zwei solche Gebläse vorhanden seyn, die abwechselnd sich heben und senken.

132.

Baader hat dieses Gebläse auch so eingerichtet, daß man es zum Löthen, Glasschmelzen ꝛc. brauchen kann. Zu diesem Zwecke bleibt im äußeren Cylinder ab ganz weg, und cd dringt seitwärts aus dem Cylinder heraus, hat oben kein Ventil, sondern unten und außerhalb des Cylinders einen Hahn K (Fig. 66), mit dem es sich schließen läßt. Der innere Cylinder hat am Boden FG auch einen Hahn, durch den man Luft hineinläßt. Wird dieser geöffnet, und der innere Cylinder hinaufgezogen bis gegen die Oberfläche des Wassers, so füllt er sich mit Luft; diese dringt, sobald man den Hahn geschlossen hat und den Cylinder ausläßt, vermög des Gewichtes des Cylinders durch die Röhre heraus. Zur Vermehrung der Geschwindigkeit des Ausströmens, und um den Cylinder EFGH im verticalen Stande zu erhalten, ist er auch noch unten mit Blei beschwert; zur Verminderung der Ausflußgeschwindigkeit ist an den Schnüren, an welchen der Cylinder hängt, nachdem sie über eine Rolle gegangen, eine

Wagschale angebracht, auf die man Gegengewichte legen kann.

133.

Auf der Ausdehnsamkeit der Luft beruht auch die Luftpumpe (Fig. 67). Sie besteht aus einem metallenen oder gläsernen Cylinder A, in welchen ein Kolben B luftdicht paßt, der durch irgend einen Mechanismus auf und ab gezogen werden kann. An einem Ende hat der Cylinder einen glatten Boden, durch dessen Mitte eine enge Röhre ab geht, die sich in eine tellerförmige Platte C endet, auf welche das Gefäß (Recipient) zu stehen kommt, in welchem man die Luft verdünnen oder verdichten will. Gleich neben dem Boden des Cylinders ist die Röhre mit einem Hahne D versehen, der so durchbohrt ist, daß durch ihn zwischen der Luft im Cylinder und im Recipienten, oder der im Cylinder und der äußeren Communication hergestellt werden kann.

134.

Die Luftpumpe braucht man um die Luft in einem Gefäße zu verdünnen oder zu verdichten. Will man die Luft in einem Recipienten verdünnen, so setzt man ihn luftdicht auf den Teller, nachdem man den Kolben bis auf den Boden des Cylinders hinabgedrückt hat, wendet den Hahn so, daß zwischen dem Recipienten und Cylinder Communication ist, zieht den Kolben in die Höhe, dreht den Hahn, damit zwischen der äußeren Luft und der im Recipienten Communication Statt finde, und wiederhohlt dieses Verfahren so lange, bis man den gehörigen Grad der Verdünnung erreicht hat. Man sieht wohl auf den ersten Blick, daß man mittelst der Luftpumpe keinen luftleeren Raum erzeugen kann; man kann

aber auch die Verdünnung nicht ins Unendliche treiben, weil zwiſchen dem Kolben, wenn er auch den unterſten Platz einnimmt, und dem Hahne immer etwas Luft zurückbleibt, die bei einem gewiſſen Grade der Verdünnung jeden ferneren Uebergang der Luft vom Recipienten in den Stiefel der Pumpe abhält.

Will man die Luft in einem Recipienten verdichten, ſo drückt man den Kolben bis auf den Boden des Cylinders herab, befeſtiget den Recipienten wohl und luftdicht auf dem Teller, dreht den Hahn ſo, daß von außen Luft in den Recipienten dringen kann, zieht den Kolben in die Höhe, bewegt den Hahn, um der Luft im Stiefel den Eintritt in den Recipienten zu geſtatten, drückt dann den Kolben herab, und wiederhohlt dieſes ſo lange, als es die Feſtigkeit des Recipienten geſtattet, und die zwiſchen dem Boden des Cylinders und dem Hahne enthaltene Luft ein weiteres Verdichten zuläßt.

135.

Auf der vermehrten Ausdehnſamkeit der Luft durch den Druck beruht die ſogenannte Spiralpumpe, eine Vorrichtung zum Waſſerheben, welche im Jahre 1746 von Wirz, einem Zinngießer in Zürch, erfunden und ausgeführt wurde. Dieſe beſteht in ihren weſentlichen Theilen aus einer Röhre, die ſich ſchraubenförmig um eine horizontale Welle windet, an einem Ende eine trichterförmige Erweiterung (Horn) hat, mittelſt der ſie beim Drehen der Welle zugleich Luft und Waſſer ſchöpfen kann, während das andere Ende mit einer verticalen Steigröhre verbunden iſt, die beim Drehen der Welle in unveränderter Lage bleibt. Fig. 68 zeigt eine ſolche

Spiralpumpe. Wirz hat sie zwar ursprünglich nicht so eingerichtet, sondern die Windungen der Röhre in einerlei Ebene, wie die einer Uhrfeder veranstaltet; man hat aber obige Einrichtung für vortheilhafter erkannt.

136.

Um die Wirkung der Spiralpumpe einzusehen, denke man sich die Röhre (Fig. 69) von drei Windungen, und nehme an, daß sie um ihre gemeinschaftliche Axe gedreht werde, und dabei zugleich mittelst des Horns K Luft und Wasser schöpfe. So lange sich das Wasser nur in den Windungen AB, CD, EF befindet, wird es in jeder derselben gleich hoch stehen; tritt es endlich in die Steigröhre HI, so muß es durch das fortgesetzte Umdrehen daselbst zum Steigen kommen, weil es sonst nirgends ausweichen kann. Nun werden die Wassersäulen in den Schenkeln der Windungen nicht mehr gleich hoch seyn können, weil das Wasser in der Steigröhre auf das in den Windungen und auf die daselbst enthaltene Luft zurückwirkt, und jenes durch die Luft und das Wasser in den Windungen im Gleichgewichte erhalten werden muß. Die Luft in der letzten Windung EG wird nach einer Seite durch die Wassersäule in der Steigröhre, nach der entgegengesetzten durch die Wassersäule EF der nächsten Windung zusammengedrückt, woraus ein Druck entsteht, der dem Höhenunterschiede der beiden genannten Wassersäulen proportionirt ist. Die Luft in ED hat nur mehr eine Wassersäule zu tragen, welche der Säule in HI weniger den beiden Säulen in EF und CD gleich ist; mithin erleidet sie schon einen geringeren Druck, als die erstere. So nimmt der Druck beständig ab, wie sich die Windungen dem Horne nähern. Diese

Verschiedenheit des Druckes muß nothwendig bewirken, daß die Luft immer einen kleineren Raum einnimmt, je näher sie der Steigröhre kommt; dieses verursacht aber entweder eine Verminderung der Druckhöhen, oder ein Zurückfließen des Wassers in den Windungen, wenn man ihm nicht durch andere Mittel abhilft. Letzteres geschieht am zweckmäßigsten dadurch, daß man entweder eine cylindrische Röhre um einen Kegel wickelt, so daß die Windungen gegen das Horn zu immer größer werden, oder daß man die Windungen gleich groß macht, dafür aber der Röhre eine kegelförmige Gestalt gibt, so daß sie gegen die Steigröhre immer enger wird. In beiden Fällen ist aber die Zunahme der Größe der Windungen so wie die der Halbmesser der Röhre genau bestimmt, und keineswegs der Willkühr überlassen. Man erhöht die Brauchbarkeit einer solchen Pumpe um ein Bedeutendes, wenn man die letzte Windung nicht unmittelbar in die Steigröhre, sondern zuerst in einen Windkessel leitet, aus dessen Obertheil dann die Steigröhre hervorragt.

137.

Die Schlangen zu den Spiralpumpen macht man am besten aus Kupfer oder Blei, wohl auch aus hölzernen Röhren, versieht sie am Ende mit einem Horn, dessen Länge ungefähr $\frac{3}{4}$ einer Windung beträgt, und das sich hinreichend erweitert, damit hinlänglich viel Wasser und Luft aufgenommen werden kann. Zuviel kann von keinem aufgenommen werden, wohl aber zu wenig; doch vermindert der Mangel an hinlänglicher Luft die Steighöhe, der Mangel an Wasser die Wassermenge. Die Steigröhre macht man aus demselben Materiale wie die Schlange, und verbindet beide un-

mittelbar miteinander, indem man das Ende der Schlange um ſo viel zuſammenzieht, daß es in die Steigröhre genau hineinpaßt. Damit beide gut ſchließen, müſſen ſie zuerſt abgedreht und dann eingerieben werden. Zum noch beſſeren Schluſſe hat die Schlange einen hervorſtehenden Rand ab, (Fig. 70) und darüber einen beweglichen Ring cd. Eben einen ſolchen aber größeren Rand ef hat die Steigröhre; zwiſchen beide Ränder werden lederne in Talg getränkte Scheiben geſtellt, die Ränder gut zuſammengedrückt und dann mittelſt Schrauben, die durch den Ring ab und den Rand ef gehen, zuſammengeſchraubt.

138.

Die Spiralpumpe hat vor den gewöhnlichen Waſſerhebzeugen den bedeutenden Vorzug, daß ſie keines Kolbens und keines Ventils bedarf, daher alle Hinderniſſe der Bewegung und die Reparaturen, denen andere zuſammengeſetztere Maſchinen zu demſelben Zwecke unterworfen ſind, in dieſer Maſchine wegfallen.

139.

Auf der Zunahme der Ausdehnſamkeit der Luft durch Wärme beruhen eine Menge Erſcheinungen und Geräthſchaften, wie z. B. der Lichterbrunnen. Dieſer iſt ein Heronsball, in welchem das Waſſer durch die Wärme von außen angebrachter brennender Kerzen zum Springen gebracht wird. Auch das ſchnelle Erkalten unſerer geheizten Wohnzimmer kommt zum Theile von der verſtärkten Ausdehnſamkeit der Luft durch die Wärme; denn ſobald die Luft mittelſt eines Ofens erwärmt wird, dehnt ſie ſich aus, und es muß ein Theil davon nach außen entweichen. Sobald aber die Erwärmung aufhört, und die Luft theils

durch die Berührung mit den Wänden, theils durch das öftere Oeffnen der Thüren u. ſ. w. nur etwas abgekühlt wird, zieht ſie ſich wieder zuſammen, es dringt von außen kalte Luft ein, und beſchleunigt die Erkältung.

140.

Da wärmere Luft wegen der größeren Ausdehnſamkeit auch ſpecifiſch leichter iſt als kalte, ſo muß ſie auch in dieſer ſtets in die Höhe ſteigen. Wir ſehen dieſes am häufigſten in unſeren Wohnzimmern und finden deßhalb immer, daß ſich hohe Zimmer ſchwer heitzen laſſen, und daß bei einer unerträglich großen Hitze an der Decke derſelben doch in der Nähe des Fußbodens eine geringe Temperatur herrſcht. Die Oefen, welche hier nach der Angabe des Profeſſors Meißner gebaut werden, helfen dieſer Ungemächlichkeit größtentheils ab, und verdienen daher alle Empfehlung.

Der Luftzug in Caminen und Windöfen, die Beförderung desſelben durch lange Röhren und hohe Rauchfänge, die Möglichkeit durch Feuer die Luft zu reinigen und das unwillkommene Entſtehen eines Windes bei Feuersbrünſten, beruht auf demſelben Grunde.

B. Ausdehnſamkeit des Waſſerdampfes.

141.

Jedermann weiß, daß das Waſſer, welches man gehörig erhitzt, zu ſieden anfängt und dabei in eine luftartige Maſſe, den Waſſerdampf, verwandelt wird. Man kann dieſen Dampf auch auffangen, und ſich überzeugen, daß er ſich, ſo lange er überhaupt ausdehnſam iſt, wie jeder andere ausdehnſame Körper verhält, daß er aber wieder in tropfbares

Wasser verwandelt wird, so bald man ihn über eine gewisse Grenze abkühlt oder zusammendrückt.

142.

Um von den Eigenschaften der Dämpfe, so weit sie auf ihre Anwendbarkeit als bewegende Kraft einen Bezug haben, eine richtige Vorstellung zu bekommen, muß man ein Instrument kennen, das dient, um den Wärmegrad eines Körpers zu bestimmen und Thermometer genannt wird. Es besteht aus einer engen, durchaus gleich weiten gläsernen Röhre, die an einem Ende eine ihrer Weite angemessene Kugel (oder eine anders geformte Erweiterung) hat, am anderen Ende luftdicht verschlossen ist. Sowohl die Kugel als auch ein Theil der Röhre ist mit Quecksilber angefüllt, über diesem muß aber ein luftleerer Raum seyn. Diese Röhre ist an eine Scale befestiget, wenn letztere nicht gleich an der Röhre selbst verzeichnet ist, aus der man den Stand des Queckſilbers in der Röhre abnehmen kann. So wie das Quecksilber erwärmt wird, dehnt es sich aus, und die in der Röhre enthaltene Säule wird länger, während das Gegentheil erfolgt, wenn das Quecksilber erkältet wird.

An den bei uns gangbarsten Instrumenten, die man Reaumur'sche Thermometer nennt, entspricht die Länge der Queckſilbersäule, welche bis zum Nullpuncte reicht, einem Wärmegrade, bei dem das Eis aufthauet, die Länge der Säule, welche bis zum 80ten Grade reicht, der Temperatur des siedenden Wassers. Es gibt aber auch Thermometer, (Celsische oder Hunderttheilige), an welchen zwar der Aufthauungspunct, wie an den vorigen mit o bezeichnet ist, aber dem Siedpuncte entspricht die Zahl 100; wieder andere (Fahren-

heit'sche) haben beim Aufthauungspuncte 32, beim Siedpuncte 212. Es gibt auch Thermometer, die statt des Queckſilbers gefärbten Weingeiſt enthalten. In dieſen, ſo wie in jenen heißt man die Grade über o Wärmegrade, die unter o Kältegrade.

Will man nun mittelſt dieſes Inſtrumentes den Wärmengrad eines Körpers, z. B. einer Flüſſigkeit finden, ſo taucht man es hinein, und ſieht zu, bis zu welchem Puncte der Scale die Queckſilberſäule reicht, nachdem ſie einige Zeit ruhig ſtehen geblieben iſt.

143.

Die Ausdehnſamkeit (Spannkraft) der Waſſerdämpfe wird überhaupt durch die Länge einer Queckſilberſäule gemeſſen, die ihr das Gleichgewicht hält.

Auf dieſe Art hat man die Spannkraft bei ſehr vielen Wärmegraden beſtimmt, und ſich überzeugt, daß die Ausdehnſamkeit derjenigen Dämpfe, welche aus offen daſtehenden ſiedenden Waſſer aufſteigen, durch die jedesmahlige Barometerhöhe gemeſſen wird, daß aber Dämpfe in verſchloſſenen Gefäßen eine deſto größere Ausdehnſamkeit beſitzen, je höher ihr Wärmegrad und je größer ihre Dichte iſt, ſo daß man mittelſt Dämpfen das feſteſte Gefäß zerſprengen, und die größte Laſt bewegen kann, wenn ſie nur hinlänglich erhitzt werden.

Iſt die Spannkraft der Dämpfe gegeben, ſo kann man ihren Druck auf eine gegebene Fläche leicht berechnen. Man braucht nur dieſe Fläche mit der Queckſilberſäule, welche die Spannkraft ausdrückt, und mit dem ſpecifiſchen Gewichte des Queckſilbers zu multipliciren. Aus Verſuchen, die am

hiesigen k. k. polytechnischen Institute angestellt wurden, ergeben sich folgende Resultate:

Temperatur nach Reaumur	Spannkraft der Dämpfe	Druck auf einen Quadratzoll
80	$28\frac{78}{100}$ W. Zoll	$12\frac{5}{10}$ W. Pf.
84	$34\frac{17}{100}$ " "	$15\frac{1}{10}$ " "
88	$40\frac{34}{100}$ " "	$17\frac{8}{10}$ " "
92	$47\frac{89}{100}$ " "	$20\frac{9}{10}$ " "
96	$55\frac{52}{100}$ " "	$24\frac{5}{10}$ " "
100	$64\frac{56}{100}$ " "	$28\frac{5}{10}$ " "
104	$74\frac{48}{100}$ " "	$32\frac{9}{10}$ " "
108	$85\frac{83}{100}$ " "	$37\frac{9}{10}$ " "
112	$98\frac{43}{100}$ " "	$43\frac{5}{10}$ " "
116	$112\frac{50}{100}$ " "	$49\frac{7}{10}$ " "
120	$128\frac{65}{100}$ " "	$56\frac{9}{10}$ " "
124	$145\frac{12}{100}$ " "	$64\frac{3}{10}$ " "
128	$163\frac{91}{100}$ " "	$72\frac{4}{10}$ " "
132	$184\frac{69}{100}$ " "	$81\frac{7}{10}$ " "
136	$207\frac{21}{100}$ " "	$91\frac{7}{10}$ " "
140	$231\frac{15}{100}$ " "	$102\frac{8}{10}$ " "
144	$258\frac{71}{100}$ " "	$114\frac{4}{10}$ " "
148	$287\frac{80}{100}$ " "	$127\frac{8}{10}$ " "
152	$319\frac{2}{10}$ " "	$141\frac{2}{10}$ " "
156	$353\frac{2}{10}$ " "	$156\frac{3}{10}$ " "
160	$389\frac{8}{10}$ " "	$172\frac{4}{10}$ " "
164	$429\frac{2}{10}$ " "	$189\frac{9}{10}$ " "
168	$471\frac{5}{10}$ " "	$208\frac{6}{10}$ " "
172	$516\frac{5}{10}$ " "	$228\frac{5}{10}$ " "
176	565 " "	250 " "
180	$616\frac{7}{10}$ " "	$272\frac{8}{11}$ " "

144.

Auf der Ausdehnsamkeit der Wasserdämpfe beruhen die heut zu Tage so berühmten Dampfmaschinen, von denen man drei verschiedene Gattungen unterscheidet, nämlich: 1. Dampfmäschinen, mit einfacher Wirkung, 2. mit doppelter Wirkung 3. mit unmittelbarer Drehung.

Bei der ersten Gattung treiben meistens die Dämpfe durch ihre Ausdehnsamkeit den Kolben nach einer Richtung fort, und der Luftdruck, der nach der Zersetzung der Dämpfe wirksam wird, oder ein anderes Gewicht nach der anderen.

Bei der zweiten Gattung wird der Kolben aufwärts und abwärts durch die Ausdehnsamkeit der Dämpfe getrieben, wobei sie bald ober, bald unter den Kolben treten. Diese Dampfmaschinen sind selbst wieder von zweifacher Art, nämlich: Maschinen mit hohem oder mit gewöhnlichem Drucke. Bei ersteren werden Dämpfe angewendet, deren Ausdehnsamkeit die der Luft um sehr Vieles übertrifft, welche daher eine erstaunliche Bewegung hervorbringen. Bei letzteren haben die Dämpfe bloß eine etwas größere Spannkraft als die der atmosphärischen Luft. Bei der dritten Gattung drehen die Dämpfe ein Rad durch ihre Rückwirkung. Die heut zu Tage gebräuchlichsten Dampfmaschinen sind Maschinen mit doppelter Wirkung und hohem Drucke.

145.

Die erste Dampfmaschine brachte ein englischer Capitän, Nahmens Savery, im Jahre 1699 zu Stande; er soll sie aber aus den Schriften des Marquis von Worcester entlehnt haben. Fig. 71 stellt sie vor. A ist der Wasserkessel, in welchem der Dampf erzeugt wird, B ein Wassergefäß. Wenn der Hahn b offen und c verschlossen ist, so sammeln sich die Dämpfe in a; wird b verschlossen, damit keine neuen Dämpfe nachdringen können, und c geöffnet, so werden die in a durch die kältere äußere Luft abgekühlt, es entsteht ein luftleerer Raum daselbst, und das Wasser steigt durch den Druck der äußeren Luft von B aus und erfüllt a.

So bald dieſes geſchehen iſt, ſchließt ſich c, es öffnet ſich b und d. Die Dämpfe wirken nun auf das Waſſer in a und treiben es durch die Steigröhre e fort. Während in a die Dämpfe zerſetzt werden, füllt ſich a′ mit Dämpfen, und während ſich a vom Waſſer entleert, geht in a′ die Dampfzerſetzung vor ſich.

146.

Eine von dieſer ganz verſchiedene Dampfmaſchine brachten im Jahre 1711 der Eiſenhändler Newkomen und der Glaſer Cawley zu Stande, deren Einrichtung im Weſentlichen darin beſteht: Im Keſſel A (Fig. 72) werden die Dämpfe erzeugt und durch die Röhre B in den Stiefel CD unter den Kolben EF geleitet, der durch das Uebergewicht der Balancirſtange GB in die Höhe getrieben wird. So wie der Kolben hoch genug ſteht, ſchließt ſich der Dampfhahn m, es öffnet ſich der Hahn n und es ſpritzt kaltes Waſſer bis an den Kolben in die Höhe, fällt wie ein Regen auf den Boden des Stiefels herab, und fließt wieder durch IK weg. Dadurch entſteht unter dem Kolben ein luftleerer Raum und der Druck der äußeren Luft drückt nun den Kolben herab. Mit dem Balancier werden zugleich die Hähne und eine Druckpumpe bewegt, die das Waſſer zur Zerſetzung der Dämpfe nach L führt.

147.

Den Unvollkommenheiten dieſer ſowohl, als einer anderen ebenfalls von Newkomen und Cawley angegebenen Dampfmaſchine half der berühmte Watt durch ſinnreiche Abänderungen ab. Eine Hauptverbeſſerung beſtand darin, daß er die Dämpfe nicht im Stiefel ſelbſt, ſondern außerhalb

deſſen in einem eigenen Behältniſſe dem Condenſator zerſetzte, und dadurch den Stiefel nicht ſo ſehr abkühlte, wie es bei den vorigen Dampfmaſchinen geſchehen mußte. Später baute Watt auch Maſchinen mit doppelter Wirkung.

148.

Die erſte von Watt 1770 ausgeführte Dampfmaſchine hatte folgende Einrichtung. Aus dem Dampfkeſſel A (Fig. 73) geht der Dampf durch die Röhre B und den offenen Hahn C in den Stiefel über den Kolben D, und drückt ihn, weil der Raum geſchloſſen iſt und ſelbſt die Kolbenſtange E durch den Deckel des Stiefels FG luftdicht geht, hinab. Sobald er genug geſunken iſt, ſchließt ſich der Hahn C, es öffnet ſich dafür der Hahn C′ und geſtattet den Dämpfen einen Ausgang durch die Röhre HI, die zugleich mit dem Raume des Stiefels unter dem Kolben in Communication ſteht. Es kann ſich daher der Dampf über und unter dem Stiefel gleichförmig verbreiten, und der Kolben kann durch ſein Gegengewicht wieder ſteigen. Sobald er ſeinen oberſten Punct erreicht hat, und wieder der Dampf, der von B kommt, auf ihn wirken kann, öffnet ſich die Klappe, welche in der Röhre ab angebracht iſt, und zwiſchen dem Waſſergefäße K und der Röhre HI Gemeinſchaft unterhält, es dringt Waſſer nach HI und zerſetzt den Dampf; deßhalb kann der Kolben durch die Wirkung der über ihm befindlichen Dämpfe neuerdings ſinken und ſo den Kolben und alles, was mit ihm in Verbindung ſteht, fortwährend auf- und ab bewegen. Um das Waſſer, welches in HI eindrang, nebſt der Luft, die ſich aus demſelben entwickelt hat, zu entfernen, dazu dienen die Pumpen L und M, die mit dem Balancier PP′ in

Verbindung ſtehen, und zugleich mit dem Kolben D bewegt werden.

149.

Die Watt'ſche Dampfmaſchine mit doppelter Wirkung wird durch die Zeichnung 74 vorgeſtellt; c iſt der Dampfkeſſel, n der Canal, durch den der Dampf in den Stiefel a kommt, b der Kolben, der ſich im Stiefel abwärts bewegt, wenn die Dämpfe über ihn durch k eindringen, hingegen ſteigt, wenn ſie unter ihm ſich anhäufen und durch i kommen. Wenn der Kolben ſteigt, entweichen die oberen Dämpfe durch eine eigene Röhre in den Condenſator und werden dort zerſetzt; wenn er ſinket, gehen die Dämpfe unter ihm in den Condenſator und erleiden dieſelbe Veränderung; d iſt der für den Condenſator nöthige Waſſerbehälter, welcher durch die Pumpe p mit Waſſer verſehen wird, während das durch die Zerſetzung der Dämpfe erwärmte Waſſer durch die Pumpe g weggeſchafft wird. Ein Theil dieſes Waſſers kommt in den Dampfkeſſel, der übrige Theil fließt ab; e iſt der Condenſator. Er hat, wie die vorige Maſchine, eine kleine gekrümmte Röhre, die mit d communicirt und einen Waſſerſtrahl nach e führt. Die Stange f ſteht mit dem Balken m in Verbindung und bewegt den Mechanismus l, mittelſt welchen die Klappe geöffnet und geſchloſſen wird, durch welche der Dampf in den Stiefel aus und eingeht. g iſt die Kolbenſtange, hh' der große Balancier, hv iſt eine bewegliche Krücke, die mit dem Schwungrade und den Zahnrädern in Verbindung ſteht.

150.

Ein recht gut gearbeitetes Modell einer Dampfmaſchine

mit doppelter Wirkung, welches das hiesige Museum besitzt, und vom Mechanikus Huck gearbeitet ist, hat folgende Einrichtung. Der Dampfcylinder besteht gleichsam aus 2 hohlen Röhren, die concentrisch in einander stecken; im inwendigen kleineren bewegt sich der Kolben, im Raume zwischen dem innern und äußern haben die Dämpfe ihren Weg. Er hat eine horizontale Lage, und befindet sich größtentheils im Dampfkessel. Gegen das hervorragende Ende hat er eine Seitenröhre, die in einen Wasserbehälter führt und die Dämpfe dahin leitet. In demselben Wasserbehälter befindet sich eine Druckpumpe, welche das durch Abkühlung der Dämpfe erwärmte Wasser in den Dampfkessel zurückführt. Um die Dämpfe nach Erforderniß vor und hinter den Kolben leiten zu können, ist ein Hahn angebracht, der so gebohrt ist, wie der Fig. 27 abgebildete. Um den Wechsel dieses Hahnes und den Weg der Dämpfe deutlicher zu erkennen, stellt Fig. 75 einen Durchschnitt des Dampfcylinders vor. A ist der Kolben, B der Dampfhahn; der durch die starken Linien bezeichnete Raum ist der Weg, den die Dämpfe nehmen, wenn der Kolben fast auf den Boden des Cylinders hineingeschoben ist. Die Dämpfe kommen nämlich in a aus dem Kessel, nehmen den verzeichneten Weg und gelangen in b vor den Kolben und drücken ihn heraus; dabei können die hinter dem Kolben befindlichen Dämpfe und die Luft durch cd entweichen, und werden in den Condensator geführt. So wie aber der Kolben hinreichend hinaus gedrückt worden ist, wird durch die Kolbenstange und eine eigene damit in Verbindung stehende Vorrichtung der Dampfhahn gedreht, so daß Communicationen hergestellt werden, wie sie Fig. 76 darstellt.

Die Dämpfe gehen von a nach c und drücken den Kolben hinein, während die vor ihm befindlichen durch bd in den Condenſator geführt werden. Wenn der Kolben hineingedrückt iſt, ſtellt ſich die vorige Lage des Dampfhahnes wieder her, und das Spiel des Kolbens kann fortdauern.

151.

Richard Trevitthick hat den Dampfmaſchinen dadurch eine neue Einrichtung gegeben, daß er Dampf anwendete mit einer Ausdehnſamkeit von 6 bis 8 Atmoſphären, d. i. von 168 — 204 Zoll. Er konnte da den Condenſator ganz weglaſſen, viel kleinere Dampfcylinder anwenden, und ſo das Gewicht der Maſchine bedeutend verringern.

Er unternahm dieſes vorzüglich, um mittelſt Dampfmaſchinen Wägen bewegen zu können, welches bei der vorigen Einrichtung derſelben deßhalb nicht wohl anging, weil die Dampfmaſchine, welche z. B. 4 Pferde erſetzen ſollte, ſchon ein ſo großes Gewicht hatte, daß ſie kaum 4 Pferde fortzuziehen vermochten. Mit Dampfmaſchinen von ſo hohem Drucke läßt ſich die Sache recht wohl ausführen, und es ſind jetzt viele ſolche im Gebrauche, um Wägen fort zu rollen. Eine ſo von Blenkinſop zur Bewegung eines Wagens eingerichtete, transportirt Kohlenwägen von Middleton, die mittelſt Ketten an einander hängen, in 10 Minuten eine Lieu weit, und geht, wenn ſie ihre Laſt an Ort und Stelle gebracht hat, wieder zurück, ohne daß man ſie umzuwenden brauchte. Auch zur Bewegung der Schiffe werden ſie benützt, indem durch die Dampfmaſchinen Waſſerräder, wie bei einer Mühle, in Bewegung geſetzt wer-

den, die ein Schiff ſelbſt bei einem widrigen Winde ſehr ſchnell fortſchaffen.

152.

Man hat auch Dampfmaſchinen, wo ein Rad unmittelbar durch die Dämpfe herumgetrieben wird. Da wirken die Dämpfe durch den Seitendruck, und es beruht eine ſolche Maſchine auf demſelben Grundſatze, wie das Segner'ſche Rad.

153.

Aus dem Vorhergehenden ſieht man, daß der Dampfkeſſel, der Stiefel, der Kolben, die Hähne und der Condenſator die Hauptbeſtandtheile einer Dampfmaſchine ſind, und daß man beim Bau einer ſolchen Maſchine auf dieſe Theile ſein vorzügliches Augenmerk richten muß.

Die Dampfkeſſel macht man gewöhnlich aus Kupfer oder Eiſen und umgibt ſie mit einer Ziegelmauer, damit die Wärme beſſer zuſammen gehalten werde. Maſchinen, die beſtändig arbeiten ſollen, müſſen mit 2 Keſſeln verſehen ſeyn, damit keine Unterbrechung eintritt, wenn einer derſelben verbeſſert oder gereinigt werden muß. Ihre Geſtalt iſt ſo beſchaffen, daß ein horizontaler Durchſchnitt einen Kreis oder ein Parallelogramm gibt. Im letzteren Falle leitet man nicht ſelten eine Röhre durch den ganzen Keſſel der Länge nach, und läßt ſie von der Flamme durchſtreichen, damit das Waſſer recht gleichförmig erwärmt werde; aber ſelbſt die von der erſteren Form müſſen von außen mit einem Canal umgeben werden, der einerſeits mit dem Herde, andererſeits mit dem Camine in Verbindung ſteht, und die Flamme rings um den Keſſel leitet. Auch macht man ſie meiſtens am unteren Boden gewölbt, wie Fig. 77 zeigt.

Wie ein ſolcher Keſſel auch immer beſchaffen ſeyn mag, ſo muß er doch immer mit allerhand Röhren verſehen ſeyn, die ihm theils Waſſer zuführen, die Dämpfe wegleiten, theils den Waſſerſtand und die Spannkraft der Dämpfe zu jeder Zeit erkennen laſſen, zum Ausleeren des Keſſels und zur Sicherheit dienen. A (Fig. 77) iſt eine ſolche Röhre, die mit einem Hahne verſchloſſen iſt, und dazu dient, das Waſſer abzulaſſen und den Keſſel auszuleeren. Durch B gelangen die Dämpfe in den Stiefel oder Dampfcylinder, C führt dem Keſſel das Waſſer zu, reicht faſt bis auf den Boden und ſteht außerhalb mit dem Waſſerbehälter in Verbindung. Ihre Länge außerhalb des Keſſels muß deſto größer ſeyn, je mehr Ausdehnſamkeit die Dämpfe im Keſſel zum Betrieb der Maſchine haben müſſen. mm′ zeigt den Waſſerſtand im Keſſel, wenn das verticale Stück von Glas iſt; nn′ gibt die Spannkraft der Dämpfe an, wenn es zum Theil mit Queckſilber gefüllt iſt. D iſt ein Kegelventil, das die Dämpfe öffnen müſſen, wenn ihre Spannkraft einen großen Grad, der gefährlich werden könnte, erſtiegen hat; es heißt deßhalb auch Sicherheitsventil, und iſt meiſtens mit Gewichten beſchwert.

154.

Der Dampfcylinder wird meiſtens aus Gußeiſen verfertiget und richtet ſich in ſeiner inneren Weite nach der Spannkraft, die der Dampf haben muß, nach der zu bewegenden Laſt und den vorkommenden Hinderniſſen der Bewegung. Der untere innere Theil des Cylinders ſoll immer mit einer kleinen Vertiefung verſehen ſeyn, in welcher ſich das Waſſer ſammeln kann, das aus den Dämpfen durch die Abkühlung an den Wänden entſteht, und aus welcher es zugleich mit

den austretenden Dämpfen in den Condenſator kommen kann. Eine vorzügliche Aufmerkſamkeit verdient der Deckel des Cylinders, durch welchen die Kolbenſtange geht. Dieſer ſoll dem Kolben eine freie Bewegung geſtatten und doch dabei keine Dämpfe entweichen laſſen, zwei Eigenſchaften, die ſchwer zu vereinigen ſind. Deßhalb hat ein Engländer Namens Robertſon zwei Dampfcylinder von verſchiedener Größe mit einander verbunden, die aber gemeinſchaftlich auf denſelben Zweck hinwirken, und die Dämpfe, welche durch den Deckel des größeren entweichen, in den kleineren geleitet, um ſeinen Kolben zu bewegen. Auf ähnliche Weiſe verbindet auch Wolf bei ſeinen Dampfmaſchinen zwei Cylinder mit einander, damit ja die Expanſivkraft der Dämpfe möglichſt benützt werde. Fig. 78 macht die Einrichtung ſolcher Cylinder deutlich. A und B ſind zwei Cylinder mit ihren Kolben, durch die Röhre ab und cd wird der obere Theil von A mit dem unteren von B, und der untere von A mit dem oberen von B verbunden. e und f führen die Dämpfe vom Dampfkeſſel nach A, g und h leiten ſie in den Condenſator. Wenn die Dämpfe durch e und f nach A kommen, und ab und g verſchloſſen, hingegen cd und h offen ſind, ſo drücken ſie die Kolben von A und von B herab. Sobald ſie den unterſten Platz erreicht haben, ſchließen ſich cd und h, und es öffnen ſich ab und g. Dadurch kann der Dampf, der ſchon früher den Kolben A herabdrückte, mit dem Reſte ſeiner Ausdehnſamkeit auf den Kolben von B wirken, ihn heben, und erſt dann in den Condenſator entweichen. Um das Abkühlen der Dämpfe an den Wänden zu verhüten, umgibt man den Cylinder mit einer Hülle von Holz oder von einem anderen Stoffe, der die

Wärme schwer durchläßt, und gestattet, daß in den Raum zwischen der Hülle und dem Dampfcylinder auch Dampf eindringt, auf welchen die äußere Erkältung eher wirken muß, als sie auf den inneren einen Einfluß äußern kann. Um die Abkühlung durch den Deckel zu vermeiden, bringen die Engländer über demselben ein kleines Gefäß an, das mit der Röhre communicirt, die dem Cylinder die Dämpfe zuführt. Dadurch bleibt dieses Gefäß, welches man in England Dampfbüchse (steam-box) nennt, stets mit Dämpfen erfüllt, und der erkältende Einfluß der äußeren Luft auf die Dämpfe im Cylinder wird so vermindert. Durch diese Dampfbüchse wird zugleich das Austreten des Dampfes aus dem Cylinder verhindert, besonders, wenn man sie beständig mit etwas Oehl versehen erhält.

155.

Der Kolben soll sich luftdicht an den Wänden des Cylinders bewegen und doch dabei keine zu starke Reibung verursachen. Deßhalb sind die Kolben in vielen Dampfmaschinen so eingerichtet, daß über denselben mehrere Reihen kupferner Scheibensegmente liegen, die genau dem inneren Umfange des Cylinders entsprechen, durch Federn an die Wände des Cylinders angedrückt werden, und so gelegt sind, daß durch die nachfolgende Reihe immer die Theile gedeckt werden, wo die vorhergehenden an einander stoßen, wie Fig. 79 zeigt. Daß Kolben und Cylinder stets mit Oehl schlüpfrig erhalten werden müssen, versteht sich von selbst; allein die Dämpfe verzehren die Fettmasse bald, die man dazu anwendet. Deßhalb hat Wolf bei Maschinen mit hohem Drucke den Dampf mittelst einer Säule von Oehl auf den Kolben wirken lassen. Zu

dieſem Zwecke iſt der Dampfcylinder (Fig. 80) mit einem weiteren B umgeben, der mit ihm in Communication ſteht, und das Oehl enthält. So wie der Dampf auf aa drückt, wirkt die Oehlſäule auf bb und hebt den Kolben. So bleibt die Wand ſtets ſchlüpfrig und es kann auch kein Dampf entweichen.

156.

Um den Effect einer Dampfmaſchine berechnen zu können, muß man wiſſen 1. die Fläche des Kolbens, auf welche die Dämpfe wirken. 2. die Spannkraft dieſer Dämpfe und 3. die Spannkraft derjenigen Dämpfe, die im Condenſator zurückbleiben und der Bewegung des Kolbens hinderlich ſind. 4. Die Geſchwindigkeit des Kolbens. Die Art dieſer Berechnung bei einer Maſchine mit doppelter Wirkung wird man am beſten aus einem Beiſpiele erſehen: Es ſey der Barometerſtand im Freien 28 Zoll, die Spannkraft der wirkſamen Dämpfe überſteige dieſen Stand um 26 Zoll, ſo drücken die Dämpfe auf den Kolben mit einer Kraft von $28+26=54$ Zoll. Haben nun die im Condenſator verdichteten und zurückwirkenden Dämpfe eine Spannkraft von 20 Zoll, ſo bleiben von dem Gegendrucke der Luft auf den Kolben nur mehr $28-20=8$ Zoll übrig. Es wird daher jeder Quadratzoll des Kolbens mit einer Kraft gedrückt, die dem Drucke einer Queckſilberſäule gleich kommt, deren Baſis 1 Zoll, deren Höhe $54-8=46$ Zoll iſt. Da nun ein Kubikzoll Queckſilber $\frac{44}{100}$ Pf. wiegt, ſo iſt dieſe Kraft für einen Quadratzoll $=46\times\frac{44}{100}=20\frac{24}{100}$ Pf. Kennt man nun noch die Fläche des Kolbens, auf welche die Dämpfe wirken, ſo kennt man auch den geſammten Druck, den ſie darauf

ist noch dazu die Geschwindigkeit des Kolbens b
ist man im Stande, die Kraft dieser Maschine mi
ren Kraft nach 8 zu vergleichen.

157.

Es ist Sitte, die Kraft der Dampfmaschinen nach de
l der Pferde zu schätzen, denen sie an Kraft gleich
ommen. Diese Art der Vergleichung entstand daher, weil
in England, als dem eigentlichen Vaterlande der Dampf-
n, in früheren Zeiten Pferde dieselben Dienste leiste-
we von Dampfmaschinen verrichtet werden. Man
aschinen von der Kraft eines Pferdes bis zu 100
größte Dampfmaschine befindet sich in den
vn wallis. Sie hat die Kraft von 1010 Pfer-
den, und schöpft das Wasser aus einer Tiefe von 550 Fuß.

158.

Nach der Arbeit, welche eine Dampfmaschine verrichten soll, richtet sich ihre Größe und der Bedarf an Wasser und Brennmateriale. Nach Edward verzehrt eine Maschine, welche die Kraft von

4—6	Pferden	hat,	in 1	Stunde	32	Pf. Steinkohlen	oder 223 Pf. Tor
8	=	=			40	= =	259 =
10	=	=			45	= =	302 =
12	=	=			50	= =	353 =
14	=	=			58	= =	383 =
16	=	=			63	= =	403 =
18	=	=			70	= =	441 =
20	=	=			76	= =	486 =
24	=	=			88	= =	529 =
26	=	=			94	= =	612 =

Pferden hat, in 1 Stunde 101 Pf. Steinkohlen oder 655 Pf. Torf

" " 106 " " 706 "

" " 109 " " 743 "

" " 124 " " 824 "

" " 130 " " 862 "

" " 133 " " 932 "

" " 137 " " 960 "

" " 140 " " 982 "

Die Kraft eines Pferdes wird auf 150 Pfund angeschlagen, die in einer Secunde um drei Fuß gehoben werden. So groß ist gewöhnlich auch die Geschwindigkeit des Kolbens einer Dampfmaschine. Weiß man nun die Arbeit, welche eine Dampfmaschine verrichten soll, nach Pferden zu schätzen, so kann man sie auf Gewichte reduciren. Weiß man, welche Spannkraft die Dämpfe einer anzugebenden Maschine haben werden, so kann man leicht nach 156 berechnen, wie viel Kraft auf einen Quadratzoll des Kolbens kommt. Dieses mit der Last und den Hindernissen der Bewegung verglichen, gibt die nöthige Druckfläche des Kolbens, und mithin auch seinen Durchmesser und die Weite des Dampfcylinders.

159.

Vergleicht man die zur Dampfbildung nöthige Wassermenge mit der Arbeit, welche eine Dampfmaschine verrichten soll, so findet man, daß eine Maschine mit einfacher Wirkung in 24 Stunden für jeden Quadratzoll des Kolbens 292 Kubikzoll Wasser bedarf, und daß diese Wassermenge für Maschinen von doppelter Wirkung auch doppelt seyn muß. Es ist aber nicht jedes Wasser zur Dampfbildung gleich geeignet. Hartes Wasser d. i. solches, das viele Salze aufgelöst

enthält, gibt bei derselben Wärme Dämpfe von geringerer Spannkraft als weiches, und setzt die Salze während des Kochens ab. Diese sammeln sich dann im Dampfkessel und greifen ihn oft sehr stark an. Deßhalb wendet man selbst da, wo solches Wasser aus den Gruben der Bergwerke zu Tage gefördert wird, dasselbe nicht für Dampfmaschinen an, die es heben, sondern schaffet oft mit großen Kosten anderes minder hartes herbei.

Drittes Kapitel.

Elasticität.

160.

Jene Körper, die durch Einwirkung einer äußeren Kraft ihre Gestalt ändern, aber wieder in den vorigen Zustand zurückkehren, wenn diese Kraft zu wirken aufgehört hat, heißen elastisch. Als Beispiel mag eine Degenklinge dienen, die man krumm biegen kann, die aber wieder gerade wird, wenn die Kraft nachläßt. Bekommt ein solcher Körper seine Gestalt wieder vollkommen, und zwar sobald die Kraft zu wirken aufgehört hat, so heißt er vollkommen elastisch; erfolgt aber die Herstellung seiner Gestalt nur zum Theile, so nennt man ihn unvollkommen elastisch. Wiewohl man im strengen Sinne fast keinem Körper die Elasticität ganz absprechen kann, so gibt es doch auch wieder keinen, der für jede einwirkende Kraft vollkommen elastisch wäre; indeß nähern sich dem Zustande der vollkommenen Elasticität am meisten: gehörig gehärteter Stahl, geschlagenes Messing, Elfenbein, Fischbein, Coutschuc, Holz. Bei Maschinen hei-

ßen die elaſtiſchen Körper, derer man ſich als bewegender Kräfte bedient, Federn.

161.

Die Stärke einer Feder kann man prüfen, wenn man ſie durch Gewichte aus ihrer natürlichen Lage bringt. Die Größe des Gewichtes entſpricht da immer der Elaſticität der Feder bei dem vorhandenen Grade der Spannung. Man ſieht leicht ein, daß dieſe Kraft deſto größer iſt, oder daß eine Feder deſto ſtärker wirkt, je mehr ſie geſpannt wird, daß ſie aber auch deſto eher ihre Federkraft verliert. Dieſe Umſtände machen, daß man durch Federkraft keinen gleichförmigen Zug hervorbringen kann, wenn man nicht zu künſtlichen Mitteln ſeine Zuflucht nimmt. Von ſolchen Mitteln wird in der Folge geſprochen werden.

162.

Wenn eine Feder als bewegende Kraft gebraucht wird, ſo windet man ſie ſchneckenförmig zuſammen, ſperrt ſie in eine cylindriſche Trommel, befeſtiget eines ihrer Enden an die Axe der Trommel, das andere an die innere Wand derſelben. Indem ſich da die Feder entwickeln will, ſucht ſie die Trommel zu drehen, und dadurch alles, was damit in Verbindung ſteht, in Bewegung zu ſetzen. Auf dieſe Weiſe wirkt die Feder an unſeren Taſchenuhren und an den ſogenannten Stockuhren.

Bringt man eine Feder als rückwirkende Kraft an, ſo gibt man ihr die Geſtalt Fig. 81, a.b.c. Von der Form ſind die Federn an den Armbrüſten, an den Klappen unſerer muſikaliſchen Inſtrumente u. a. m.

Oft hängt man einen Körper an Federn auf, um Stöße

in ſanftere Bewegungen aufzulöſen, wie es bei unſeren Wägen geſchieht. Da haben ſie die Geſtalt Fig. 82, a.b. c.d.

Viertes Kapitel.

Stoß der Körper.

163.

Wenn ein bewegter Körper an einen anderen anſtoßt, ſo geht in der geſtoßenen und in der ſtoßenden Maſſe eine Veränderung vor, deren Größe und Beſchaffenheit ſich nach der Richtung der Bewegung dieſer Körper vor dem Stoße, nach ihrer Geſchwindigkeit, ihrer Maſſe, und nach der Art der Verbindung ihrer Theile richtet. In Betreff des letzteren Punctes kommt es vorzüglich darauf an, ob die Körper feſt oder flüſſig, elaſtiſch oder unelaſtiſch ſind.

164.

Die Kraft, mit welcher zuſammenſtoßende Körper auf einander wirken, iſt deſto größer, je größer das Product aus ihrer Maſſe in ihre Geſchwindigkeit iſt. Man nennt dieſes Product die Größe der Bewegung und überzeugt ſich von der Richtigkeit dieſes Satzes auf folgende Weiſe: Wenn zwei Körper, wovon einer doppelt ſo viel als der andere wiegt, (mithin, wovon die Maſſe des einen die doppelte von der des andern iſt), an einen dritten ſtoßen, ſo richtet jener doppelt ſo viel aus, als dieſer; denn es wirket jedes Theilchen der Körper, und in dem erſten ſind offenbar doppelt ſo viele als im zweiten. Wenn aber zwei Körper von gleichem Gewichte an denſelben dritten ſtoßen; ſo bewirkt derjenige, welcher eine größere Geſchwindigkeit hat, mehr als der, deſſen Geſchwindigkeit kleiner iſt, und zwar, wenn jener eine

doppelte Geschwindigkeit hat, auch doppelt so viel. Es kann deßhalb die Geschwindigkeit das ersetzen, was am Gewichte fehlt und umgekehrt. So macht eine kleine Kugel, ja sogar ein Stück einer Kerze, wenn es durch die Kraft des Pulvers mit großer Geschwindigkeit fortgetrieben wird, ein Loch durch ein dickes Bret, während ein Körper von mehreren Centnern langsam gegen dasselbe bewegt, bei weiten nicht so viel ausrichtet.

Deßhalb wirken auch unsere Kanonen kräftiger als die Belagerungswerkzeuge der Alten, wiewohl sie den Kanonenkugeln an Masse weit überlegen waren. Aus demselben Grunde kann auch eine Kanonenkugel, wenn sie auch schon völlig im Laufe ermattet ist, noch bedeutenden Schaden anrichten, wenn ihre Masse bedeutend ist.

Stoß fester Körper.

165.

Wenn sich zwei feste unelastische Körper gegen einander bewegen und eine gleiche Größe der Bewegung haben, so heben sich die Bewegungen beider gegenseitig auf, und beide ruhen nach dem Stoße. Ist aber die Größe der Bewegung eines dieser Körper größer als die des andern, so wird von der größeren gerade so viel aufgehoben, als die kleinere beträgt, und mit dem Reste werden beide Massen fortbewegt. Bewegt sich z. B. eine Kugel, deren Masse 10 und deren Geschwindigkeit 20 beträgt, von der Rechten zur Linken, während ihr eine andere Masse 5 mit einer Geschwindigkeit von 2 entgegenläuft; so werden beide Massen nach dem Stoße mit der Größe der Bewegung 200 — 10 = 190 nach der

Rechten fortgehen. Um die Geschwindigkeit nach dem Stoße zu erhalten, darf man nur die Größe der Bewegung nach dem Stoße durch die Summe der Massen dividiren. Im gegebenen Falle beträgt die Geschwindigkeit $\frac{190}{15} = 12\frac{2}{3}$.

Bewegen sich beide Körper nach derselben Richtung, so haben sie nach dem Stoße eine Größe der Bewegung, welche der Summe beider Bewegungsgrößen gleich ist. Theilt man diese Summe durch die beiden Massen, so gibt der Quotient die Geschwindigkeit nach dem Stoße.

Ruht einer der beiden Körper vor dem Stoße, so ist seine Geschwindigkeit, mithin auch seine Bewegungsgröße $= 0$, und man darf nur die Bewegungsgröße des einen durch die Summe der Massen dividiren, um die gemeinschaftliche Geschwindigkeit nach dem Stoße zu finden.

166.

Ein bewegter Körper wirkt dadurch auf einen andern, daß er ihm seine Richtung und Bewegung mittheilen will. Dabei scheint es, als wenn sich der andere Körper der Aenderung seines Zustandes widersetzte, und dadurch im ersten eine Veränderung der Geschwindigkeit hervorbrächte; wer aber einen richtigen Begriff von der Trägheit der Körper hat, der wird wohl wissen, wie dieses eigentlich zugeht. Vermög der Trägheit kann nämlich kein Körper seinen Zustand selbst ändern, und wenn eine Kraft auf ihn wirkt, die vorher einer gewissen Masse inwohnte, so vertheilt sich diese Kraft in die Masse beider Körper so, als wenn beide mit einander vereiniget wären. Dieses hat natürlich eine Abnahme der Geschwindigkeit des wirkenden Körpers und eine Zunahme dessen, auf den gewirkt wird, zur Folge.

167.

Die Kraft, welche eine Aenderung in einem Körper hervorbringt, muß ihn von dem Zustande an, in welchem er sich vor dem Stoße befindet, bis zu dem, wo der Stoß aufhört, durch alle Zwischenstufen verändern. Dazu gehört aber eine gewisse Zeit. Wirkt nun eine Kraft schneller, als daß sich diese Wirkung bis zum gehörigen Grade durch alle Zwischenstufen in die ganze Masse des getroffenen Körpers vertheilen könnte; so werden die von ihr unmittelbar getroffenen Theile am meisten hergenommen. Hieraus erklärt es sich, warum ein Strick, an dem eine Last hängt, zerreißt, wenn man schnell anzieht, ohne die Last zu bewegen, warum er aber unbeschadet dieselbe bewegen kann, wenn man langsamer verfährt; warum eine Flintenkugel in ein Bret, das so leicht aufgestellt ist, daß man es mit der Hand umstoßen kann, ein Loch macht, ohne das Bret umzustoßen; warum einer, der in einem Wagen sitzt, zurückfährt, sobald der Wagen schnell vorwärts gezogen wird. Hieraus erklärt sich auch die Methode, mit loser Sandbedeckung Steine zu sprengen.

Wenn man nämlich nach der gewöhnlichen Mehode mit Pulver Felsen sprengt, so wird das in eine dazu bereitete Oeffnung geschüttete Pulver mit Thon fest verschlagen. Man braucht aber dieses nicht unumgänglich nothwendig zu thun; denn, wenn man das Pulver bloß mit losem Sande bedeckt, und es dann mittelst einer eigenen Brandröhre anzündet, so bewirkt man oft mehr als auf die vorige Weise. Das Pulver entzündet sich nämlich sehr schnell, und sucht alle Hindernisse zu entfernen und einen Ausweg zu finden; allein da die Bewegung so vielen Sandkörnchen mitgetheilt wer-

den muß, und zu jeder dieſer Mittheilungen eine Zeit erfordert wird, ſo weichen ſie nicht ſogleich aus, ſondern vertreten die Stelle einer feſten Wand.

168.

Ganz anders ſind die Geſetze des Stoßes elaſtiſcher Körper; ſie laſſen ſich aber ohne mathematiſche Formeln, die hier keinen Platz finden können, kaum mit gehöriger Deutlichkeit geben; deßhalb ſoll auch hier nur der Fall erwähnt werden, wo ein elaſtiſcher Körper an einen andern elaſtiſchen anſtoßt, und beide eine gleiche Maſſe haben. Dieſe Körper wechſeln durch den Stoß ihre Richtung und Geſchwindigkeit. Derjenige, welcher vor dem Stoße ruhte, bewegt ſich nach dem Stoße ſo, wie der andere vor dem Stoße that, dieſer aber ruht. Bewegen ſie ſich vor dem Stoße gegen einander, ſo gehen ſie nach dem Stoße auseinander. Fällt ein elaſtiſcher Körper auf eine unbewegliche Fläche auf, ſo wird er nach einer Richtung zurückgeworfen, die mit der geſtoßenen Fläche denſelben Winkel macht, den die Richtung des Stoßes mit ihr machte.

Stoß des Waſſers.

169.

Wenn eine abgeſonderte Waſſermaſſe an eine unbewegliche Fläche anſtoßt, ſo befolgt der Stoß dieſelben Geſetze, als wenn er unter feſten Körpern vor ſich gegangen wäre, und es hängt die Größe ſeiner Wirkung von der Maſſe und der Geſchwindigkeit ab. Iſt aber die Waſſermaſſe in einem ununterbrochenen Fluſſe begriffen, ſo daß ein Theil derſelben nach dem Stoße gleich wieder durch einen andern erſetzt wird, und

daher der Stoß fortdauert, so lange Wasser nachfließt, so hängt die Wirkung des Stoßes von der Größe der gestoßenen Fläche und vom Quadrate der Geschwindigkeit des Wassers ab. Denn in diesem Falle stoßt bei vermehrter Geschwindigkeit nicht allein jedes Theilchen des Wassers stärker, sondern es stoßen auch mehrere Theile in derselben Zeit an die genannte Fläche. Wenn daher zwei Flächen, deren eine 2, die andere 5 Quadratfuß hat, vom Wasser gestoßen werden, das sich auf jene mit einer Geschwindigkeit von 5 Fuß, auf diese mit einer Geschwindigkeit von 3 Fuß ergießt; so verhält sich die Ausgiebigkeit des Stoßes auf die erste Fläche zu der auf die zweite, wie $2 \times 25 : 5 \times 9 = 50 : 45 = 10 : 9$. Dieses Gesetz fand man bei Versuchen, die man über die Größe des Wasserstoßes mit großer Genauigkeit anstellte, vollkommen bestätiget, so lange der Canal, in welchem das Wasser fließt, viel breiter ist, als die Stoßfläche; hat hingegen diese Fläche eine so große Breite, daß sie das ganze Gerinne einnimmt, und daher zwischen der Stoßfläche und den Wänden des Gerinnes nur ein so großer Zwischenraum bleibt, daß sich die Stoßfläche bewegen kann; so ist der Stoß gerade dopso groß, als im ersten Falle.

170.

Wenn sich die Fläche, welche gestoßen wird, selbst bewegt, so hängt die Wirkung des Stoßes auch noch von der Geschwindigkeit dieser Fläche ab. Wäre diese Geschwindigkeit so groß, wie die des Wassers, und geschähe die Bewegung des Wassers und der Stoßfläche nach einerlei Richtung, so ist klar, daß gar kein Stoß Statt finden könnte. In jedem anderen Falle hängt aber die Größe der Wirkung ab von dem

Quadrate des Unterschiedes der Geschwindigkeit des Wassers und der gestoßenen Fläche, oder von der Höhe, welche diesem Unterschiede der Geschwindigkeiten nach Tafel I entspricht. Bringt man dieses Gesetz in Rechnung und sucht daraus diejenige Geschwindigkeit der gestoßenen Fläche, für welche die Wirkung des Stoßes am größten wird, so findet man sie gleich $\frac{1}{3}$ von der des Wassers. Hat daher das Wasser die Geschwindigkeit $= 1$, die Stoßfläche die Geschwindigkeit $= \frac{1}{3}$, so ist der Unterschied der Geschwindigkeiten $= \frac{2}{3}$ und sein Quadrat $= \frac{4}{9}$. Diese Größe mit der Stoßfläche multiplicirt, gibt daher die größte Wirkung des Wasserstoßes auf diese Fläche. Wirkt der Stoß schief, so kann man seine Richtung in eine auf die getroffene Fläche senkrechte, und in eine mit ihr parallele zerlegen, und nur erstere als wirksam betrachten; dieses kann aber nur dann ohne Fehler so betrachtet werden, wenn die Richtung nur um etwa 10 Grade von der senkrechten abweicht.

Stoß der Luft (Wind).

171.

Eine starke Bewegung der Luft nennen wir einen Wind. Dieser erscheint uns desto stärker, je größer seine Geschwindigkeit ist. Ein mäßiger Wind hat eine Geschwindigkeit von 10 — 15 Fuß, ein Sturm von 40—60 Fuß; man will aber auch Stürme beobachtet haben, die eine Geschwindigkeit von 124 Fuß hatten. Man erfährt die Geschwindigkeit des Windes am leichtesten, wenn man einen sehr leichten Körper, z. B. eine zarte Feder, in der Luft ausläßt und den Weg mißt, den er in einer gewissen Zeit, z. B. in einer Secunde, zurück-

legt. Die Geschwindigkeit eines solchen Körpers kann man mit der des Windes für einerlei halten. Hat man einmahl die Geschwindigkeit des Windes, so kann man seine Wirkung so wie die des Wassers berechnen. Will man die Wirkungen des Wasser- und Windstoßes mit einander vergleichen; so kann man annehmen, daß der Wind bei einer gewissen Geschwindigkeit auf eine gegebene Fläche 24mahl schwächer wirkt, als das Wasser bei derselben Geschwindigkeit.

Fünftes Kapitel.

Muskelkräfte der Menschen und Thiere.

172.

Die Kräfte, welche Menschen und Thiere ausüben können, sind bei verschiedenen Individuen so verschieden, daß von einer genauen Angabe gar nicht die Rede seyn kann. Alles, was man thun kann, beschränkt sich auf die Angabe eines Mittelwerthes für Individuen von mittlerer Stärke und gewöhnlicher Uebung. Aber selbst bei der Angabe dieser Mittelwerthe muß man immer wissen, ob von der Kraft die Rede ist, die ein Mensch oder ein Thier bei einer augenblicklichen Anstrengung auszuüben im Stande ist, oder ob damit einige Zeit fortgefahren werden kann, ohne daß der Organismus darunter leidet. Erstere nennt man die absolute oder momentane, letztere die beständige Kraft.

173.

Bei allen thierischen Körpern ist es eigentlich die Muskelthätigkeit, wodurch eine Kraft ausgeübt wird; oft kömmt aber auch das Gewicht des Körpers selbst mit in Anschlag. Da nun

bei verschiedenen Operationen auch verschiedene Muskel in Thätigkeit sind, und das Gewicht des thierischen Körpers bald die Muskelkräfte unterstützt, wie zum Beispiele beim abwärts Drücken oder Ziehen, bald ihr entgegenwirkt, wie beim aufwärts Ziehen; so muß auch die Wirkung der Kraft desselben Individuums bei verschiedenen Arbeiten verschieden ausfallen.

174.

Die Muskelkraft der Menschen und Thiere schätzt man mit einem eigenen Instrumente, welches Dynamometer oder Kraftmesser heißt, und von Regnier erfunden wurde. Es besteht aus einer elliptischen Stahlfeder A (Fig. 83), die zum bequemen Anfassen mit Leder überzogen ist, übrigens eine Länge von ungefähr 12 Zoll hat. An einem Arme derselben Feder ist der stählerne Träger B durch Einschnitte und Schrauben befestiget und auf diesem Träger befindet sich eine Messingplatte C in Form eines Halbkreises, auf welcher zwei Bögen mit Theilungen eingeriffen sind. Die Theilung des kleineren ist nach Pfunden, die des größeren nach Centnern gemacht. Mit dem anderen Arme der Feder ist ein Mechanismus verbunden, durch welchen ein leichter Zeiger bewegt wird, so bald sich die Feder durch einen Zug oder Druck nach der größeren oder kleineren Art ändert. Dieser Zeiger ist im Mittelpuncte der genannten Bögen angebracht, er hat zwei Spitzen, deren eine der Theilung am kleineren Bogen entspricht, während die andere zur Theilung des größeren Bogens paßt. Der Mechanismus, wodurch der Zeiger bewegt wird, läßt sich aus Fig. 84 ersehen. A liegt in einem Arme der Feder, AB ist eine dünne Stange, welche in B an die winkelförmig gebogene Stange

BCE befestigt ist. Diese Stange dreht sich in E um ihre Axe, sobald BC durch die Veränderung der Feder verrückt worden ist, und wirkt dabei mit einem in E angebrachten Stift auf den Zeiger FG. Der Zeiger bleibt aber stehen, wenn auch der Druck oder Zug an der Feder aufgehört hat, und muß daher bei jedem Versuche auf den Nullpunct zurückgeführt werden. Der Stand des Zeigers läßt auf der Eintheilung der Platte die Kraft in Pfunden oder Centnern abnehmen. Ersteres dann, wenn durch die Kraft die Feder nach der kleineren Axe unmittelbar verändert wurde; letzteres, wenn die Kraft unmittelbar eine Veränderung der größeren Axe der Feder hervorbrachte. Die Art, wie man die Muskelkraft des Menschen in Händen oder Füßen, oder wie man die Kraft eines Zugthieres prüft, kann man aus Fig. 85. a.b. u. 86. ersehen.

175.

Um die Kraft eines Menschen oder Thieres auszumitteln, mit der längere Zeit ausgehalten werden kann, hat man kein anderes Mittel, als von Menschen und Thieren gewisse Arbeiten vollziehen zu lassen und sie dann auf Gewichte zu reduciren, welche bei derselben Anstrengung und Thätigkeit mit einer gewissen Geschwindigkeit gehoben werden. Das Product aus diesem Gewichte in die Geschwindigkeit, gibt das Maß der Kräfte an.

Kraft des Menschen.

176.

Wirkt ein Mensch bloß durch sein Gewicht, so kann man seine Kraft auf 125 Pfund anschlagen; denn so viel wiegt ungefähr ein Mann. Die Kraft, welche er auszuüben

im Stande iſt, wenn er in der Stellung (Fig. 85 a.) mit aller Anſtrengung eine Laſt hebt, kann auf 230 Pfund angeſchlagen werden. Die Kraft ſeiner Hände beträgt bei der Stellung Fig. 85 b. 92 Pfund.

Die mittlere Kraft eines Weibes iſt der eines Jünglings gleich, und beträgt $\frac{2}{3}$ von der Kraft eines Mannes.

177.

Die Geſchwindigkeit, mit der ein Mann laufen kann, beträgt 25 Fuß, im gewöhnlichen Schritte aber nur $4\frac{1}{2}$ Fuß. Seine mittlere Schrittweite iſt etwas größer als 2 Fuß.

178.

Wenn ein Mann von mittlerer Stärke eine Laſt mittelſt eines Bruſtbandes auf horizontalem Wege fortzieht, ſo ſchätzt man ſeine Kraft auf 92 Pfund, und der ſtärkſte kann nicht mit mehr, als mit einer Kraft von 110 Pfund ziehen.

Ein Arbeiter, der eine Laſt von einem Orte zum andern trägt, der 6320 Fuß weit entlegen iſt, kann ſich jedesmahl mit 100 Pfund beladen, und an einem Tage 6 Gänge machen. Dabei wird er aber ſo angeſtrengt, daß er die Arbeit den folgenden Tag kaum wird fortſetzen können.

Ein Arbeiter, der mit einer Laſt eine bequeme Stiege geht, die 38 Fuß lang iſt, kann in einem Tage 66 Gänge machen, und damit 7700 Pfund hinaufbringen.

Bei einem Schlagwerke kann auf einen Arbeiter vom Schlägel, der gehoben wird, ein Gewicht von 21 Pfund kommen; derſelbe kann $3\frac{1}{2}$ Fuß hoch gehoben werden, und man wird 10 Schläge in einer Minute machen können. Doch darf dieſe Arbeit des Tages nicht über 6 Stunden anhalten;

ſonſt werden die Kräfte der Arbeiter zu ſtark in Anſpruch genommen.

An einer Kurbel kann ein Mann mit einigen Unterbrechungen 6 Stunden arbeiten, wenn er ſie mit einer Kraft von 13 Pfunden in einer Minute 20mahl umdreht, und bei jeder Umdrehung einen Umkreis von etwas mehr als 6 Fuß beſchreibt.

Auf einer Karre, die 50 Pfund wiegt, führt ein Mann eine Laſt von 120 Pfund 500mahl des Tages 90 Fuß weit, wenn er 31 Pfund von dieſer Laſt trägt, und das übrige vom Boden getragen wird. Er kann dabei eine Kraft von 8—9 Pfund anwenden.

Kraft der Pferde.

179.

Man ſchätzt gewöhnlich die Kraft eines Pferdes den vereinten Kräften von 7 Menſchen gleich. Die Kraft, mit welcher ein Pferd anziehet, wenn es alle Kräfte ſo zuſammen nimmt, daß es bei dieſer Anſtrengung nicht längere Zeit verharren kann, beläuft ſich auf 510—850 Pfund. Die größte Geſchwindigkeit, mit der ein Pferd eine kleine Strecke hindurch laufen kann, iſt 46 Fuß; doch erzählt man von dem berühmten Wettrenner Eclypſe, daß er mit einer Geſchwindigkeit von 80 Fuß fortlaufen konnte, und bei einem Ausſtrecken einen Weg von 19 Fuß bedeckte. Sonſt ſchlägt man die Geſchwindigkeit eines Pferdes beim Galopp auf 17 Fuß

= Trapp = 10 =

= Schritt = 5 =

beim gewöhnlichen Zugſchritt = $2\frac{1}{2}$ = an.

Ein Pferd kann eine Last von 170—250 Pfund tragen und an einem Wagen 10—12 Centner fortziehen, wenn man das Gewicht des Wagens nicht einrechnet, und dabei auf guter horizontaler Straße in jedem Tage einen Weg von 20000 Klafter machen. Es übt da eine Kraft von 240 Pf. aus.

An einer Vorrichtung, wo das Pferd an dem Rade laufen muß, wie an einer Pferdmühle, zieht es mit einer Kraft von 170 Pfund und mit einer Geschwindigkeit von 2½ Fuß, kann aber des Tages nicht länger aushalten als 4—5 Stunden.

Sechstes Kapitel

Einige Kräfte von beschränkter Anwendbarkeit.

A. Kraft des Schießpulvers.

180.

Daß das Schießpulver, wenn es angezündet wird, als bewegende Kraft gebraucht werden kann, ist sattsam bekannt. Es kommt diese Kraft auf Rechnung der Wasserdämpfe und der Luftarten, die beim Verbrennen des Pulvers erzeugt werden. Sehr wünschenswerth wäre es die Größe dieser Kraft genau zu kennen; allein bis jetzt ist man noch zu keinem genügenden Resultate gelangt, weil diese Kraft zu sehr von der Beschaffenheit des Pulvers und von der schnelleren oder langsameren Entzündung desselben abhängt. Häufig wird nur ein Theil des zu einer Explosion bestimmten Pulvers wirklich angezündet, das übrige aber wie ein anderer widerstehender

Körper fortgetrieben. Man kann es als ausgemacht ansehen, daß die Kraft des Pulvers desto größer ist, je größer seine Menge und je kleiner der Raum ist, auf welchen es beschränkt wird, weil die Dichte und mithin auch die Ausdehnsamkeit der Wasserdämpfe und Luftarten, die beim Anzünden entwickelt werden, offenbar zunimmt, wenn die Pulvermenge wächst und der Spielraum abnimmt.

181.

Graf von Rumford stellte über die Kraft des Pulvers Versuche an. Er füllte eine genau abgewogene Menge desselben in einen Lauf mit ungeheuer dicken Wänden, stellte ihn mit der Mündung vertical aufwärts, schloß denselben mit einer stählernen Platte, und belastete dieselbe so lange, bis die gegebene Pulvermenge nicht mehr im Stande war, die Last fortzutreiben. Das Pulver wurde mittelst eines heißen Eisens entzündet. Die kleinste Menge desselben, welche in den Lauf geschüttet wurde, betrug $8\frac{1}{2}$ Gran und erfüllte den $\frac{13}{1000}$ Theil des Laufes. Der Querschnitt seiner Mündung betrug ungefähr 60 Quadratlinien. Wurde die Dichte des hierbei erzeugten und in dem inneren Raume des Laufes eingeschlossenen ausdehnsamen Körpers als Einheit angenommen, so mußte die Dichte desjenigen, welcher bei doppelter und dreifacher Pulvermenge erzeugt wurde, durch 2 und 3 ausgedrückt werden. Anstatt der Gewichte, welche den Pulverkräften das Gleichgewicht hielten, konnte er die Höhe einer Queckſilbersäule setzen, deren Basis dem Querschnitte der Lauföffnung gleich ist. Unter diesen Voraussetzungen fand Graf Rumford die Pulverkraft bei der

Dichte	1	gleich einer	Queckſilberſäule von	177	W. F. Höhe
"	2	"	"	312	"
"	3	"	"	530	"
"	4	"	"	1160	"
"	5	"	"	1537	"
"	7	"	"	2257	"
"	8	"	"	3270	"
"	9	"	"	4690	"
"	10	"	"	6248	"
"	11	"	"	7589	"
"	12	"	"	8935	"
"	13	"	"	10360	"
"	14	"	"	13244	"
"	15	"	"	16143	"
"	16	"	"	19021	"
"	18	"	"	28556	"

B. Ausdehnende Kraft der Wärme.

182.

Alle Körper dehnen ſich aus, wenn ſie erwärmt werden, und ziehen ſich wieder zuſammen, wenn man ſie abkühlt. Ein Maßſtab iſt deßhalb im Sommer länger als im Winter, und ein Stück glühendes Eiſen verliert von ſeiner Länge einen guten Theil, wenn es kalt wird, ein Umſtand auf den Schmiede wohl Acht haben müſſen, wenn ſie etwas nach einem beſtimmten Maße ſchmieden wollen.

183.

Die Kraft, womit ſich erwärmte Körper ausdehnen, oder beim Erkalten zuſammenziehen, iſt von ungeheurer Wirk-

samkeit, und kann manchmahl vortheilhaft als bewegende Kraft benützt werden. Ein merkwürdiges Beispiel der Anwendung dieser Kraft ist folgendes: Im Conservatorium der Künste zu Paris bemerkte man, daß sich zwei Seitenmauern einer Gallerie von einander zu entfernen anfingen. Um dem Uebel abzuhelfen, brachte man an den Mauern, die zu weichen begannen, einander gegenüberstehende Löcher an, steckte durch zwei und zwei derselben eisene Stangen, die an ihren hervorragenden Enden mit Schrauben versehen waren. Wurden diese Schrauben so viel als möglich angezogen, so durfte man kein ferneres Weichen der Mauern besorgen, aber ihre frühere Lage war dadurch nicht hergestellt. Um dieses zu bewirken, erhitzte man nun eine Stange in der Mitte, dadurch wurde sie länger, und man konnte die Schrauben besser anziehen. Wurde nun diese Stange wieder kalt, so zog' sie sich zusammen, und nahm sogar die Mauer mit; dadurch wurden aber wieder die übrigen Stangen zu lang, und man konnte auch ihre Schrauben anziehen; durch abermahliges Erhitzen der ersteren Stange, Anziehen ihrer Schrauben und nachheriges Erkalten konnte man die Mauern in ihre vorige gerechte Lage zurückführen, und so eine Arbeit vollbringen, die allen menschlichen Kräften zu trotzen schien.

C. Kräfte, womit die kleinsten Theile der Körper auf einander wirken.

184.

Es ist eine bekannte Thatsache, daß die Theile fester Körper nur durch eine gewisse Kraft von einander getrennt werden können; man sagt deßhalb sie ziehen sich an. Wie

bedeutend dieſe Anziehung ſey, erkennt man aus dem Widerſtande, den man beim Zerreißen eines Körpers, z. B. des Eiſens erfährt. In vielen Fällen wirkt dieſe Anziehung als bewegende Kraft. So weiß man allenthalben, daß das Waſſer, welches in Eis übergeht und dabei einen größeren Raum einzunehmen ſucht, mit ungeheurer Kraft auf die Wände des Gefäßes wirkt, und dasſelbe nicht ſelten zerſprengt.

Der engliſche Artillerie-Major Eduard Williams füllte Bomben, deren innerer Durchmeſſer 9 Zoll betrug, und deren Wände 1½ bis 2 Zoll dick waren, mit Waſſer, verſchloß ſie mit einem hölzernen Pfropf, der mit einem Hammer eingeſchlagen wurde, und ſetzte ſie dann der Kälte aus, damit das Waſſer fror. Dabei wurden die Bomben mit ſo großer Kraft zerſprengt, daß ſie eine Anfangsgeſchwindigkeit von 20 Fuß bekamen. Das Zerſprengen eines Glaſes, das ſchnell abgekühlt wird, das Schwinden des Holzes, wenn es trocken wird, iſt ſo, wie der obige Fall eine Folge der Anziehung, welche die Theile der Körper auf einander ausüben, und man weiß, mit welcher Kraft dieſes geſchieht.

185.

Es wurde ſchon früher erwähnt, daß das Waſſer in engen Röhren höher ſteigt als dieſes vermög der Geſetze des Waſſerdrucks geſchehen ſollte.

Die Urſache dieſer Erſcheinung liegt in der Anziehung, welche die Theile des Waſſers auf einander, und welche die Theile der Röhrenwand auf die Waſſertheile ausüben. Dieſe Wirkung iſt ungemein kräftig, und kann in manchem Falle als bewegende Kraft benützt werden. Es bedienen ſich ihrer die Mühlſteinarbeiter mit großem Vortheile. Nachdem ſie

nämlich einen Mühlstein von einer Felsenmasse bis auf die unterste Fläche ausgehauen haben, und es sich nur mehr darum handelt, ihn von unten los zu machen, bewirken sie dieses dadurch, daß sie an einigen Stellen des Steinumfanges schiefe Vertiefungen machen, hölzerne Keile hinein schlagen und sie mit Wasser begießen. Dieses wird in die Zwischenräume mit Macht aufgenommen, das Holz schwillt dadurch an und sprengt so den Stein los. Durch dieselbe Kraft werden auch Stricke kürzer und dicker, wenn man sie benetzt, und können dadurch sogar Lasten mit ziehen. Ein sehr merkwürdiger Fall, wo diese Verkürzung der Stricke durch Wasser benützt wurde, ereignete sich, als unter Pabst Sixtus V. der große Obelisk, der 900000 Pf. wog, vor der Peterskirche in Rom aufgestellt wurde. Der Obelisk stand schon zum Theil auf dem Postamente, und man brauchte nur noch die Stricke anzuziehen, um ihm seinen gehörigen sicheren Stand zu geben; allein die dabei gebrauchten Maschinen ließen keine Verkürzung der Stricke mehr zu. Da rief einer aus der Volksmenge: Wasser auf die Stricke! man befolgte dieses, die Stricke verkürzten sich, und zogen die ungeheure Steinmasse nach sich.

186.

Auf dieser Anziehung beruht auch die Vera'sche Wassermaschine, die in manchen Gegenden mit sehr viel Nutzen gebraucht wird. Sie wird durch Fig. 87 vorgestellt. A und B sind zwei Rollen, um welche Stricke ohne Ende so fest gehen, daß sie sich mit der Rolle A bewegen müssen. Steht die untere Rolle im Wasser, und man dreht die Rolle A mittelst der Kurbel C schnell um, so nehmen die steigenden

Stricke einen Wasserkörper mit sich in die Höhe, der oben in ein Gefäß aufgefangen, und nach Belieben abgeleitet werden kann. Die Stricke macht man aus Hanf oder Pferdehaaren, man wendet wohl auch Ketten statt der Stricke an, wenn einem eine große Kraft zum Drehen zu Gebothe steht.

D. Electrische Anziehung.

187.

Wenn ein Körper electrisch wird, so zieht er andere Körper selbst von einer nicht unbedeutenden Entfernung an, und stoßt sie dann wieder ab. Es ist aber diese Anziehung so schwach, daß man sie bis jetzt zum mechanischen Behufe nicht anwenden konnte; nur die sogenannte Zamboniſche Säule hat man zum Betriebe einer Uhr gebraucht. Diese Säule wurde im Jahre 1812 vom Professor Zamboni in Verona erfunden. Sie besteht aus Scheiben von ungeleimten Silberpapier von der Größe eines Groschenstückes, die auf der Papierseite mit einem Gemenge aus Honig und Braunstein fein überstrichen werden.

Ein Paar Tausend solcher Scheiben werden in eine von außen und innen mit Siegellack überzogenen Glasröhre so eingepreßt, daß entweder die Silberseite oder die Papierseite aller Platten nach oben gewendet ist, oben und unten mit einer metallenen Fassung versehen, deren jede mit dem äußersten Blättchen durch einen Draht in Verbindung steht. Die obere Fassung hat einen Knopf, die untere bildet ein Postament. Werden zwei solche Säulen, wovon bei einer die Silberseite, bei der andern die Papierseite aufwärts gekehrt ist, in einer Entfernung von ein Paar Zoll neben ein-

ander angebracht und eine Säule dazwiſchen geſtellt, welche eine feine Nadel trägt, die ſich wie ein Pendel in einer Pfanne um eine Axe bewegt und oben einen kleinen Ring hat, der durch eine feine Glasſtange mit dem übrigen Theile des Pendels verbunden iſt; ſo wird dieſe Nadel abwechſelnd von der Säule abgeſtoßen und angezogen, und ſo ſchwingend erhalten. Ramis in München hat dieſe Säule ſo verſtärkt, daß ſie eine Uhr bewegen konnte.

Dritter Abschnitt.

Von widerstehenden Kräften.

188.

Die bisher betrachteten Kräfte sind geeignet wirkliche Bewegungen hervorzubringen. Es gibt aber auch solche Kräfte, die keine Bewegung hervorbringen, sondern sie nur vermindern, oder gar verhindern können. Deßhalb heißen sie widerstehende Kräfte.

Sie sind: 1. die Reibung, 2. der Widerstand des Mittels, das ist, derjenigen Flüssigkeit, in der sich ein Körper befindet, 3. die Steifheit der Stricke. Jede dieser widerstehenden Kräfte verdient eine eigene Betrachtung.

Erstes Kapitel.

Reibung.

189.

Die Reibung entspringt aus der Rauhheit der sich auf einander bewegenden Körper. Wir können keinen Körper so glatt machen, daß auf seiner Oberfläche gar keine Vertiefungen und Erhöhungen vorkämen. Wo wir diese nicht mit freiem Auge entdecken, finden wir sie durch Vergrößerungsgläser oder

wir schließen auf ihr Daseyn aus Versuchen. Wenn daher zwei Körper über einander liegen, so werden durch das Gewicht des oberen die Erhabenheiten des einen in die Vertiefungen des anderen eingedrückt; mithin können sie nicht über einander bewegt werden, außer die Erhabenheiten werden weggerissen, oder verschoben, oder die Flächen heben sich. Dazu muß aber eine gewisse Kraft verwendet werden. Die Kraft, womit ein Körper auf einer horizontalen Ebene fortbewegt zu werden anfängt, ist um ein Geringes größer, als die Reibung, kann aber ohne bedeutenden Fehler für den Werth derselben angesehen werden. Die Zahl, die man erhält, wenn man durch das Gewicht des so bewegten Körpers, das Gewicht, welches der Reibung gleich kommt, dividirt, heißt der Reibungscoefficient. Betrüge die Reibung bei einem Körper von 6 Pfund, 2 Pfund, so wäre dieser Coefficient $\frac{2}{6} = \frac{1}{3}$.

190.

Die Puncte, welche die Erfahrung in Betreff der Reibung lehrt, und die für die Ausübung eine besondere Brauchbarkeit versprechen, sind folgende:

1. Die Reibung ist desto größer, je größer die Rauhigkeit der sich reibenden Flächen ist. Bei mäßiger Glätte beträgt der Reibungscoefficient $\frac{1}{3}$; er kann aber auch $\frac{1}{10}$ werden.
2. Wenn ein Körper von der Ruhe in Bewegung übergeht, beträgt die Reibung mehr, als wenn er schon in Bewegung ist. Dieses ist oft bei unseren gewöhnlichen Fuhrwerken sehr bemerklich, indem der erste Zug, wodurch ein Wagen in Bewegung kommt, die Zugthiere am meisten in Anspruch nimmt. Aus Versuchen, die über die Kraft, welche große

Lastwägen zu ihrer Bewegung fordern, mit dem [illegible] meter angestellt wurden, ergab sich das merkw[illegible] sultat, daß die bewegende Kraft, welche dazu ge[illegible] nem Wagen die erste Bewegung zu ertheilen, die d[illegible] te von der ist, welche erfordert wird, ihn in Bew[illegible] gung zu erhalten.

3. Die Größe der sich reibenden Flächen hat keinen Einfluß auf die Reibung, und es ist einerlei, ob der Körper auf seiner größeren oder kleineren Fläche aufliegt; weil in einem Falle zwar mehrere Puncte sich berühren, aber dafür nicht so stark an einander gedrückt werden, im anderen eine geringere Menge der Berührungspuncte durch ein größeres Gewicht gedrückt wird. Hieraus kann man ersehen, daß Wagenräder mit breiten Felgen keine stärkere Reibung erleiden, als die mit den gewöhnlichen schmalen Felgen.

4. Bei der rollenden Bewegung ist die Reibung geringer, als bei der gleitenden; ja sie würde im ersten Falle ganz verschwinden, wenn die rollenden Körper nicht etwas platt gedrückt, und daher der gleitenden Bewegung genähert würden. Hieraus kann man den Unterschied zwischen Schlitten und Wägen, den Nutzen der Hemmschuhe für letztere beurtheilen, und begreifen, wie man mittelst Walzen die größten Lasten weiter bringen kann. Schon von einem griechischen Baumeister Namens Ktesiphon erzählt man, er habe marmorne Säulen von 60 Fuß Länge mit einer Axe versehen, und durch Zugthiere fortwälzen lassen; in unseren Zeiten wurde der große Felsen, den die Kaiserinn Catharina zum Monumente Peters des Großen bestimmt hatte, auf Walzen nach Petersburg geschafft.

5. Die Größe der Reibung ist [illegible] man an der Unbewegung unabhängig, [illegible] statt der Walzen auf einander bewegen, weil [illegible] und Speichen selben Zeit in Berührung kommen [illegible] eiten. Dabei übersprungen werden, und die [illegible] alzen Statt in die Vertiefungen eindringen können. [illegible] Last fortgen Körpern wächst hingegen die Reibung [illegible] versetzt, schwindigkeit. [illegible] öriges

6. Gleichartige Körper reiben sich mehr als [illegible] igen es muß aber die Erfahrung bestimmen, welche [illegible] ch ungleicher Natur sich mehr oder weniger reiben. daß sich zum Beispiele Eisen und Zink, oder Messing weniger reiben, als Eisen und Kupfer, oder und Zinn.

7. Auf die Reibung zwischen Hölzern hat die Richtung der Fasern einen nicht unbedeutenden Einfluß. Sie ist größer, wenn die Fasern sich durchkreuzen, als wenn sie mit einander gleichlaufend sind.

8. Feuchtigkeit vergrößert die Reibung bei Hölzern, Hitze bei Metallen.

9. Schmiermittel vermindern die Reibung sehr, wenn sie oft genug erneuert und zweckmäßig angebracht werden.

191.

Da durch die Reibung immer eine Bewegung entweder vermindert oder ganz gehindert wird, so muß sie in allen Fällen schädlich seyn, und man muß auf ihre Verminderung hinarbeiten, wo eine Bewegung Statt haben soll; hingegen sie vermehren, wenn eine Bewegung zu mindern unser Zweck ist, wie dieses zum Beispiele beim Bergabfahren, beim Her-

ablaſſen eines Faſſes in einen Keller, beim Gehen auf Eis oder auf einer ſchiefen Fläche Statt findet.

192.

Aus dem Geſagten ergeben ſich von ſelbſt die Mittel, welche dem Mechaniker zu Gebote ſtehen, um die Reibung ſo viel als möglich zu verkleinern. Genaue Glättung der Flächen mittelſt Politur und Schmiermittel, Verminderung der Laſt, Vermeidung der Berührung zwiſchen gleichartigen Körpern, der Erhitzung bei Metallen und des Naßwerdens bei Hölzern, Verwandlung der gleitenden Bewegung in eine drehende, und Vergrößerung des Momentes der Kraft, welche die Reibung überwinden ſoll, ſo wie Verkleinerung des Momentes der Reibung, ſind die erprobten Mittel, die zum Zwecke führen. Daß man übrigens bei dem Beſtreben, die Reibung zu vermindern, anderen Rückſichten nicht nachtheilig werden darf, verſteht ſich von ſelbſt.

193.

Die Regeln, nach denen man verfahren muß, wenn man die Reibung nach Möglichkeit vermindern will, finden bei den Wägen ihre volle Anwendung; eine nähere Betrachtung eines Wagens wird daher dieſe Regeln ſelbſt gehörig erleuchten. Wenn man eine Laſt auf dem Boden fortſchleppen müßte, ſo würde bald die Reibung ſo groß ausfallen, daß die Ziehkräfte, die uns gewöhnlich zu Gebothe ſtehen, gar nicht mehr hinreichten, die Bewegung hervorzubringen; man könnte ſich aber dadurch helfen, daß man die Laſt von einer Seite auf die andere ſtürzte, oder wenn dieſes nicht anginge, gar durch untergelegte Walzen fortrollte. Zur Erſparung an Zeit, um nämlich die ausgelaufenen Walzen nicht

immer wieder unterlegen zu müssen, kann man an der Unterlage horizontale Axen befestigen, an sie statt der Walzen Scheiben oder ordentliche Räder mit Felgen und Speichen anstecken, und so einen wirklichen Wagen bereiten. Dabei wird die Reibung, die sonst am Umfange der Walzen Statt hatte, und überwunden werden mußte, wenn die Last fortgeschafft werden sollte, auf den Umfang der Axe versetzt, und man erlangt den Vortheil, daß man sie durch gehöriges Abrunden und Schmieren der Axe, und durch das Beschlagen mit Eisen bedeutend vermindern kann, und nebst dem noch für größere Dauer sorgt.

194.

Ist die Straße, worauf der Wagen fortgezogen wird, so fest, daß die Räder nicht einschneiden; so ist die Kraft, welche der Reibung an den Axen das Gleichgewicht hält, bei einerlei Belastung des Wagens, desto kleiner, je kleiner der Durchmesser der Axe und je größer der Halbmesser des Rades ist. Deßhalb zieht man auch bei Stadtwägen, die keine gar großen Lasten zu tragen haben, eiserne Axen den hölzernen vor, weil man erstere dünner machen kann, ohne ihrer Festigkeit nahe zu treten, und man wendet hohe Räder an, bei denen auch noch der Vortheil erlangt wird, daß sie nicht so wie kleine, in jede Vertiefung hineinsinken. Bei Frachtwägen kann man eiserne Axen nicht vortheilhaft brauchen, weil sie, wenn sie eine hinreichende Stärke haben, durch ihr größeres Gewicht mehr nachtheilig werden, als sie durch ihren geringeren Durchmesser nützen.

195.

Wenn aber der Weg nicht so fest ist, als daß ein Wagen ohne einzuschneiden darauf fortrollen könnte, so hängt die Reibung auch noch von anderen Umständen ab.

Die Berechnung des aus dem Einschneiden entspringenden Widerstandes zeigt 1.) Daß er in allen Fällen in einem größeren Verhältnisse zunimmt, als die Last, und daß es in dieser Hinsicht besser ist, die Fracht auf mehrere Wägen zu vertheilen, als einen Wagen gar stark zu beladen. 2.) Daß er desto größer ist, je weicher der Boden ist. 3.) Daß er abnimmt, wenn der Durchmesser der Räder und die Breite ihrer Felgen vermehrt wird.

196.

Alle unsere Straßen bekommen durch den Gang der Wagenräder Einschnitte und verursachen daher den zuletzt betrachteten Widerstand; nur die sogenannten Eisenbahnen sind von demselben frei, und gewähren deßhalb unzählige Vortheile. Diese Bahnen sind vorzüglich in England zu Hause. Sie laufen da Meilen weit fort und bestehen aus Stücken von gegossenen Eisen von 3 Fuß Länge, wovon immer eines an das nächst folgende befestiget ist. Damit die Wägen einander ausweichen und selbst nach verschiedenen Richtungen gehen können, sind an einigen Stellen Kreuzspuren angebracht. Der Weg für die Zugthiere ist mit kleinen harten Steinen gepflastert. Man hat in England dreierlei Arten von Eisenbahnen. Einige bestehen aus eisernen Stegen von 2 — 3 Zoll Breite, die von oben und innen vollkommen glatt sind. Die Räder, welche darauf gehen, und von Gußeisen verfertiget werden, haben an der inwendigen Kante des Kranzes eine

Falze, mittelſt welcher der Wagen auf der Bahn erhalten wird. Bei der anderen hat die Eiſenbahn auf der äußeren Seite eine hervorſtehende Kante, und das Rad iſt wie ein gewöhnliches Wagenrad gebaut. Bei der dritten Art iſt die Bahn oben abgerundet, und das Rad hat am Umfange einen Einſchnitt, in welchen die Bahn paßt.

197.

Da bei den Eiſenbahnen nur die Reibung an den Axen Statt findet, ſo iſt klar, daß da ein Pferd viel mehr ausrichten kann, als auf unſeren gewöhnlichen Wegen. In England zieht ein Pferd auf einer Eiſenbahn 13 mit Steinkohlen beladene Wägen, die eine Laſt von 440 Centner tragen, auf einer ſchrägen Eiſenbahn ſehr leicht hinab, und die leeren Wägen wieder eben ſo leicht hinauf. Man kann überhaupt annehmen, daß ein Pferd auf gut eingerichteten Eiſenbahnen dieſelbe Arbeit thut, welche auf einer gewöhnlichen Straße 40 Pferde verrichten können. Auf Eiſenbahnen, wie ſie Herr von Baader in München vorſchlägt, ſoll ein Pferd 36 Pferden mit gewöhnlichem Fuhrwerke gleich kommen.

Da bei den Eiſenbahnen der ganze Widerſtand eines Wagens nur von der Reibung abhängt, ſo könnte man ihn noch beträchtlich vermindern, wenn man die Räder größer machte; allein indem ſie dadurch auch ſchwerer werden, ſo werden die Zugthiere beim Bergaufgehen zu ſehr in Anſpruch genommen, weil ſie da nicht bloß die Reibung, ſondern auch die Kraft, mit welcher der Wagen bergab zu gehen ſucht, zu überwinden haben. Deßhalb macht man in England die Räder nicht höher als 3 Fuß und kommt den Zugthieren beim Bergauffahren noch dadurch zu Hülfe, daß man den

Wagen, der am Fuße einer Anhöhe steht, mittelst Ketten an einen anderen anhängt, welcher den Berg schon erstiegen hat, und gerade im Begriffe ist, abwärts zu rollen. Dadurch wird dieser aufgehalten, jener hinaufgezogen, und so den Pferden an beiden Wägen eine große Erleichterung verschafft.

Zweites Kapitel.

Widerstand des Mittels.

198.

Alle Bewegungen, die einige Anwendung im bürgerlichen Leben gewähren, geschehen in der Luft oder im Wasser. In beiden Fällen muß ein Theil der bewegenden Kraft verwendet werden zur Beseitigung der im Wege stehenden Luft oder des Wassers, welcher Theil für die Bewegung selbst so gut als verloren ist.

199.

Die Berechnung des auf diese Weise Statt habenden Widerstandes ist vielen Schwierigkeiten unterworfen; es kann daher hier nur eine allgemeine Betrachtung der Größe dieses Widerstandes Platz finden, und gesagt werden, daß er sich richtet:

1. Nach der Größe und Gestalt der Fläche, welche das Hinderniß zu beseitigen sucht.
2. Nach der Dichte des Mittels, welches beseitiget wird.
3. Nach dem Quadrate der Geschwindigkeit des bewegten Körpers.

Im ersten Falle wird nämlich desto mehr Flüssigkeit aus dem Wege geräumt, je ausgedehnter die Fläche ist, die sich gegen die Flüssigkeit bewegt, wie die Richtung unserer

Windfahnen zeigt, die immer der strömenden Luft die kleinste Fläche darbiethen; im zweiten müssen von demselben Körper desto mehr Theile beseitiget, d. i. bewegt werden, je dichter das Mittel ist; im dritten müssen desto mehr Theile, und zwar mit desto größerer Geschwindigkeit ausweichen, je schneller der Körper sich bewegt. Die Mittel, welche uns zu Gebote stehen, um diesen Widerstand zu vermindern, lassen sich hieraus leicht abnehmen.

Drittes Kapitel.

Steifheit der Stricke.

200.

Ein anderes Hinderniß ist die Steifheit der Stricke, die beim Maschinenwesen fast unentbehrlich sind.

Jedes Seil widersteht nämlich der Biegung mit irgend einer Kraft, die daher angewendet werden muß, wenn es gebogen werden soll. Dieser Widerstand ist desto größer, je dicker das Seil, je kleiner der Durchmesser des Körpers, um welchen es gewickelt werden soll, und je größer das Gewicht ist, das es spannt. So fand Amontons bei einer Dicke des Seiles, das $\frac{1}{16}$ vom Durchmesser des Cylinders hatte, und einer Spannung von 100 Pfund die Steifheit $= 4\frac{3}{4}$ Pf.

=	=	=	110	=	$= 5\frac{1}{8}$ =
=	=	=	120	=	$= 5\frac{5}{8}$ =
=	=	=	130	=	$= 6\frac{1}{8}$ =
=	=	=	140	=	$= 6\frac{5}{8}$ =
=	=	=	150	=	$= 7$ =
=	=	=	200	=	$= 9\frac{3}{8}$ =
=	=	=	300	=	$= 14\frac{1}{16}$ =

Nasse und überpichte Seile widerstehen mehr als trockene und nicht überpichte, stark zusammengedrehte mehr als locker gedrehte, schlangenförmig gewobene am wenigsten.

Vierter Abſchnitt.

Von den Maſchinen.

201.

Man würde in den wenigſten Fällen ſeinen Zweck erreichen, wenn die bewegende Kraft immer nur ſo an die zu bewegende Laſt angebracht werden könnte, daß die Richtung der Bewegung mit der Richtung der Kraft übereinſtimmte, und daß die Laſt gerade dieſelbe Geſchwindigkeit erlangte, welche der Angriffspunct der Kraft hat. Man will oft durch einen Druck nach einer Seite eine drehende Bewegung hervorbringen, wie dieſes an vielen Waſſerrädern der Fall iſt, und nicht ſelten aus einer drehenden Bewegung eine hin- und hergehende erzeugen; man wünſcht oft eine Laſt viel ſchneller zu bewegen, als ſich der Angriffspunct der Kraft bewegt, und umgekehrt. Eine Vorrichtung, mittelſt welcher eine Kraft auf einen Punct außer ihrer Richtung anders wirkt, als dieſes der Fall wäre, wenn ſie unmittelbar an dieſem Puncte angebracht wäre, heißt eine Maſchine. Sie heißt insbeſondere einfach, wenn keiner ihrer Beſtandtheile ſelbſt wieder eine Maſchine iſt, widrigenfalls zuſammengeſetzt.

An jeder Maſchine bemerkt man zwei Kräfte, wovon

eine vorzugsweise Kraft heißt, während die andere Last genannt wird.

Erstes Kapitel.

Gleichgewicht der Kräfte an einfachen Maschinen.

202.

Man kennt sechs einfache Maschinen: den Hebel, die Rolle, das Wellrad, die schiefe Ebene, den Keil und die Schraube; sie lassen sich aber genau genommen, auf zwei zurückführen, nämlich auf den Hebel und auf die schiefe Ebene.

203.

Hebel heißt jede Stange, an deren einem Puncte die Kraft, am anderen die Last angebracht wird, während ein dritter Punct unterstützt ist, den man daher den Unterstützungspunct heißt. Ist diese Stange selbst schwer, so stellt sie einen physischen Hebel vor; ist sie aber nicht schwer, so heißt sie ein mathematischer Hebel. Liegen die Puncte, wo die Kraft und Last angebracht sind, an dem Unterstützungspuncte in einer geraden Linie, wie in ACB, (Fig. 88) so nennt man den Hebel einen geradlinigen, wo nicht, einen Winkelhebel, wie Fig. 89. Jeder dieser angeführten Hebel heißt zweiarmig, wenn der Unterstützungspunct zwischen der Kraft und Last liegt, wie Fig. 88, einarmig, wenn Kraft und Last ihm zu derselben Seite liegen, wie Fig. 90. Den Theil eines Hebels vom Unterstützungspuncte bis zu dem Orte, wo die Kraft oder die Last angebracht ist, nennt man Hebelarm.

204.

Bei jeder Gattung mathematiſcher Hebel kann nur dann ein Gleichgewicht herrſchen, wenn die wirkenden Kräfte gleiche Momente haben, oder was einerlei iſt, wenn ſich die angebrachten Kräfte verhalten, wie verkehrt die Linien, die vom Unterſtützungspuncte ſenkrecht auf die Richtungen der Kräfte gezogen werden. Wäre z. B. (Fig. 88) AB ein zweiarmiger Hebel, AP und BQ die auf ihn wirkenden Kräfte, C der Unterſtützungspunct, CE ſenkrecht auf AP, CD ſenkrecht auf BQ; ſo wäre AP : BQ = CE : CD. Sobald die Kräfte parallel wirken, kann man ſtatt den genannten ſenkrechten Linien die Hebelarme AC und BC ſetzen.

205.

Jeden phyſiſchen Hebel kann man als einen mathematiſchen anſehen, nur muß man ſich ſein ganzes Gewicht im Schwerpuncte vereinigt vorſtellen, und das Moment dieſes Gewichtes zum Momente der Kraft oder Laſt rechnen, je nachdem der Schwerpunct auf der Seite der Kraft oder Laſt liegt. Wäre z. B. (Fig. 91) AB ein zweiarmiger Hebel, der ein Pfund wiegt, ſo denket man ſich dieſes im Schwerpuncte D angehängt, den übrigen Theil des Hebels aber ohne Gewicht. Iſt nun C der Unterſtützungspunct, und beträgt AC 6 Zoll, DC aber 2 Zoll, ſo wird das Moment der Kraft um 2 wegen der Schwere des Hebels vergrößert werden müſſen. Iſt die in A wirkende Kraft 2 Pfund, die in B mit der vorigen parallele 4 Pfund, ſo muß das Moment der letzteren Kraft 2×6 und 2×1, mithin gleich 14 ſeyn. Liegt der Schwerpunct im Unterſtützungspuncte, ſo kann ein Hebel ohne weiteren als ein mathematiſcher betrachtet werden, weil

ſein Gewicht weder der Kraft, noch der Laſt zu Gute kommt, ſondern nur einen Druck auf den Unterſtützungspunct hervorbringt.

206.

Auf dem Geſetze des Gleichgewichtes der Kräfte an einem zweiarmigen Hebel beruhet unſere Krämerwage und Schnellwage.

Die Krämerwage beſteht aus einem Wagebalken AB (Fig. 92). Auf der Mitte des Balkens ſteht eine Zunge DE ſenkrecht empor, die zwiſchen einer Scheere ſpielt, welche die Pfannen für den Wagebalken enthält) und am oberen Ende frei aufgehängt werden kann. In A und B hängen an Schnüren oder Ketten, wohl auch an unbiegſamen Dräthen die Wagſchalen ſo, daß ſie ſich leicht nach jeder Richtung bewegen können.

207.

Wenn man von einer Wage nichts weiter verlangt, als daß ſie bei gleicher Belaſtung beider Schalen im Gleichgewichte ſtehen ſoll; ſo darf man nur darauf ſehen, daß die beiden Arme des Wagebalkens gleich lang und gleich ſchwer ſind. Will man aber, wie es die Bequemlichkeit des Gebrauches ſtets fordert, daß der Balken noch dazu bei einer gleichen Belaſtung nur in einer horizontalen Lage ruhet, und bei jeder Ungleichheit derſelben von dieſer Lage um ſo mehr abweicht, je größer das Uebergewicht auf einer Seite iſt; ſo muß bei der Einrichtung der Wage auch noch darauf geſehen werden, daß der Schwerpunct C des Wagebalkens unterhalb ſeiner Axe liege, und daß die gerade Linie AB, welche die Aufhängungspuncte der Schalen mit einander

verbindet, zwiſchen C und D durchgehe. Zieht man die Linie CD, und bezeichnet den Punct E, wo CD von AB geſchnitten wird, ſo lehrt die Rechnung, daß der Winkel, um welchen der Wagebalken bei einer ungleichen Belaſtung von ſeiner horizontalen Lage abweicht, das iſt der Ausſchlagwinkel, deſto größer ſey, je größer die geſammte Belaſtung, je größer das Uebergewicht auf einer Schale, je länger der Wagebalken iſt, und je näher die Puncte C, E, D einander liegen.

208.

Eine unrichtige Wage wird auch bei einer ungleichen Belaſtung der Arme horizontal ſtehen können. Um in einem ſolchen Falle die Unrichtigkeit zu entdecken, darf man nur die beiden Belaſtungen mit einander verwechſeln. Steht der Balken nach dieſer Verwechslung noch horizontal, ſo iſt die Wage richtig, wo nicht, ſo iſt ſie unrichtig. Man kann aber ſelbſt mit einer falſchen Wage das Gewicht eines Körpers finden, wenn man ihn auf eine Wagſchale legt, und auf die andere ſo viel Tara, bis beide im Gleichgewichte ſtehen, hierauf den zu wägenden Körper wegnimmt, und ihn durch Gewichte erſetzet. Dieſe geben das Gewicht des Körpers an.

209.

Die Schnellwage iſt eigentlich ein ungleichartiger Hebel. An ſeinem kürzeren Arme CA (Fig. 93) iſt ein Haken angebracht, an welchem man die Waare aufhängt, es kann aber ſtatt des Hakens auch eine Schale ſeyn; am längeren Arme befindet ſich ein verſchiebbares Gewicht, der Laufer genannt, welches beim Gebrauche ſo weit von dem Aufhängungspuncte entfernt wird, bis es mit der in A angehängten Waare im

Gleichgewichte ſteht. Bleiben die beiden Arme ohne Belaſtung im Gleichgewichte; ſo heißt die Wage eine mathematiſche Schnellwage; findet dieſes nicht Statt, ſo heißt ſie eine phyſiſche. Bei jener werden die Eintheilungspuncte des längeren Armes dadurch beſtimmt, daß man die Länge CA ſo oft auf den längeren Arm überträgt, als dieſes angeht. Daher übertrifft die Waare das Gewicht des Laufers ſo vielmahl, als die Entfernung des Laufers von C die CA enthält. Bei der phyſiſchen Schnellwage muß durch die Erfahrung ein für allemahl ausgemacht werden, wie groß die Laſt iſt, die dem Laufer bei einer beſtimmten Stellung das Gleichgewicht hält.

210.

Die mathematiſche Schnellwage hat vor der phyſiſchen den unverkennbaren Vorzug, daß man jeden beliebigen Laufer anwenden, mithin zur Beſtimmung großer Laſten einen größeren, zur Beſtimmung kleiner einen kleineren brauchen kann. Beide, ſowohl die mathematiſche als die phyſiſche, ſind überhaupt ſehr zu empfehlen, wo große Laſten gewogen werden ſollen. Sie ſind viel leichter zu brauchen, weil man das Gewicht nicht wie bei der Krämerwage heben, ſondern nur verſchieben darf; man reichet mit weniger Platz aus, braucht keine ſo große Anzahl von Gewichten, wie bei der Krämerwage, und weil die Belaſtung des Balkens kleiner iſt, als bei dieſer, ſo iſt auch ihre Reibung an den Zapfen geringer, und deßhalb auch ihre Anzeige richtiger.

211.

Zu den einfachen Maſchinen zählt man auch die Rolle. Dieſe iſt eine an ihrem Umkreiſe mit einer Rinne verſehene

kreisrunde Scheibe, die sich entweder nur um ihre Axe oder zugleich mit ihr bewegen läßt. Im ersten Falle heißt sie eine feste, im zweiten eine bewegliche Rolle. Letztere ist gewöhnlich in einem Kloben eingemacht, wie Fig. 94 zeigt.

212.

Die feste Rolle ist eigentlich ein Hebel mit gleichen Armen; es muß daher im Stande des Gleichgewichts die Kraft der Last gleich seyn. Wenn auch bei dieser Rolle kein Gewinn an Kraft erreicht wird, so findet sie doch häufige Anwendungen, weil man mittelst ihr den Kräften eine vortheilhafte Richtung geben kann. Man hebt z. B. auf diese Art eine Last durch einen abwärts oder horizontal gerichteten Zug.

213.

Die bewegliche Rolle ist ein Hebel von ungleichen Armen. Heißt die vom Mittelpuncte herabhängende Last Q (Fig. 94), die an dem Stricke ziehende Kraft P, und ist das andere Ende des Strickes in A befestiget; so stellt das Ganze den Hebel BC vor, in welchem B, wo der Strick die Rolle verläßt, der Unterstützungspunct ist, während die Last in E, die Kraft in C wirket. Man kann beweisen, daß sich beim Gleichgewichte die Kraft zur Last verhalten muß, wie der Halbmesser der Rolle zur Sehne des vom Stricke umfaßten Bogens. Sind die Theile des Strickes mit einander gleichlaufend, so wird dieses Verhältniß 1 zu 2, oder man hält einer Last das Gleichgewicht durch eine Kraft, die nur halb so groß ist als die Last.

214.

Das Wellrad ist eine einfache Maschine, die aus einem Cylinder besteht, der mit einer Scheibe oder einem Rade,

oder nur mit hervorragenden Stöcken versehen ist. Gewöhnlich wirkt eine Kraft am Umfange des Cylinders (der Welle), die andere am Umfange des Rades, so daß die ganze Vorrichtung als ein Hebel erscheint, dessen ein Arm durch den Halbmesser der Welle, der andere durch den Halbmesser des Rades vorgestellt wird, und mithin Gleichgewicht herrscht, wenn die Bedingungen so vorhanden sind, wie beim Hebel. Es wird sich daher die Kraft zur Last verhalten müssen, wie der Halbmesser der Welle zum Halbmesser des Rades.

215.

Die schiefe Ebene ist die zweite einfache Maschine, deren Erklärung nicht von einer anderen abgeleitet werden kann.

Ist (Fig. 9) AC ein Durchschnitt einer solchen Ebene, AB ihre Höhe, BC ihre Basis, und D ein darauf befindlicher schwerer Körper, dessen Schwerpunct sich in D befindet; so kann man sich das Gewicht dieses Körpers durch die verticale Linie DE vorstellen, und sie in zwei Kräfte auflösen, wovon eine, nämlich DF, auf der schiefen Ebene senkrecht steht, während die andere FE mit ihr parallel lauft. Es ist klar, daß sich der Körper vermög der Kraft FE über die schiefe Ebene bewegen würde, und daß daher eine Kraft, die diese Bewegung hindern soll, es nur mit der Kraft FE zu thun hat. Man kann leicht beweisen, daß das Verhältniß der Kraft zur Last verschieden ausfallen muß, je nachdem die Richtung der Kraft beschaffen ist. Wirkt diese mit der Länge der schiefen Ebene parallel, so verhält sich im Gleichgewichte die Kraft zur Last, wie die Höhe der schiefen Ebene zu ihrer Länge;

wirkt sie aber mit der Grundfläche parallel, so ist dieses Verhältniß, wie die Höhe der schiefen Ebene zu ihrer Basis.

216.

Einen Keil CBD (Fig. 95) kann man so betrachten, als bestünde er aus zwei schiefen Ebenen CAB und DAB, die eine gemeinschaftliche Basis AB haben. AB heißt man seine Länge, CD seine Breite oder den Kopf des Keils. Wenn man einen Keil braucht, so wirkt die Kraft mit der Basis der schiefen Ebenen parallel. Deßhalb wird sich im Gleichgewichte die Kraft zur Last verhalten, wie der Kopf des Keils zu seiner Länge.

217.

Der Zustand des Gleichgewichtes der Kräfte im Keile findet bei unseren Gewölben Anwendung; denn man kann jedes Gewölbstück als einen Keil, und mithin das ganze Gewölbe als einen aus lauter Keilen bestehenden Körper betrachten. Die Masse, von welcher der unterste Theil des Gewölbes getragen wird, heißt die Widerlage.

Ist AB (Fig. 96) eine verticale Mauer, BC eine horizontale Ebene, CcAa ein Stück eines Gewölbes, das aus den einzelnen Gewölbsteinen DdAa, EeDd, FfEe besteht, und die Widerlage FfCc hat, so wird dann Gleichgewicht herrschen, ohne einer Verbindung der Steine durch Mörtel oder Haken, wenn das Gewicht jedes einzelnen Steines durch die Mauer AB und die Widerlage CcFf aufgehoben wird. Ist z. B. P der Schwerpunct des obersten Steines (Schußsteines), so zieht daselbst sein ganzes Gewicht nach der verticalen Richtung Px abwärts, und man kann es in zwei Kräfte Pp und Pq zerlegen, wovon jene auf AB,

dieſe auf Dd ſenkrecht ſteht. Eben ſo läßt ſich das Gewicht des Steines DdEe, welches in ſeinem Schwerpuncte Q nach Qy abwärts zieht, in zwei Kräfte zerlegen, wo wieder eine, Qq auf Dd, die andere, Qr auf Ee ſenkrecht ſteht. Dieſes geht ſo fort, bis zur Widerlage FfCc, die ſelbſt durch den Boden BC getragen wird. Die Kraft Pp wird durch die Wand AB, die Kraft Pq durch Qq, Qr durch eine gleiche und entgegengeſetzte des Steines EeFf u. ſ. f. aufgehoben, und es ſteht alles im Gleichgewichte. Die Mauer AB muß alſo den Druck Pp, welcher ſie um eine horizontale Axe zu drehen ſucht, aushalten können. Es würde aber gewiß der Erfolg derſelbe bleiben, wenn man ſtatt der Mauer AB ein anderes Gewölbe AC′c′a anbrächte, das durch ſeinen Gegendruck die auf AB gerichtete Kraft aufheben kann.

§ 18.

Denkt man ſich eine ſchiefe Ebene um einen Cylinder einigemahl herumgewickelt, ſo entſteht dadurch eine Schraube mit Gängen, deren Abſtand der Höhe der ſchiefen Ebene gleich kommt, während der Durchmeſſer derſelben der Grundlinie des Durchſchnittes der ſchiefen Ebene gleicht. Bei einer Schraube wirkt die Kraft nach der Richtung der Tangente des Schraubencylinders, während die Laſt mit dem Abſtande der Schraubengänge parallel lauft; es wird ſich daher im Stande des Gleichgewichtes die Kraft zur Laſt verhalten, wie der Abſtand zweier Schraubengänge zum Umfange des Cylinders.

219.

Der Schraube bedient man ſich, um etwas zu befeſtigen,

zuſammenzupreſſen, oder zu erhöhen. Nach Verſchiedenheit dieſes Zweckes iſt auch ihre Einrichtung verſchieden.

Zweites Kapitel.

Gleichgewicht der Kräfte an zuſammengeſetzten Maſchinen.

220.

Es gibt zwei Gattungen zuſammengeſetzter Maſchinen; ihr Unterſchied beſteht bloß in der Art der Zuſammenſetzung. Bei einer Gattung wirken nämlich die einzelnen Maſchinen mit einander, bei der anderen durch einander; bei jener kann ſich ein Theil bewegen, ohne daß dadurch eine Bewegung in den übrigen Theilen hervorgebracht wird; bei dieſer bringt die Bewegung eines Theiles eine Bewegung der ganzen Maſchine hervor. Ein Beiſpiel von jener geben Stampfmühlen, von dieſer was immer für ein Räderwerk. Hier ſoll nur von der letzteren Gattung gehandelt werden.

221.

Um von der Berechnung des Verhältniſſes der Kraft und Laſt, welches beim Gleichgewichte zuſammengeſetzter Maſchinen der zweiten Gattung Statt findet, einen Begriff zu bekommen, ſtelle man ſich den zuſammengeſetzten Hebel (Fig. 97) vor, der aus den drei einfachen Hebeln ab, cd, ef beſteht, deren Ruhepuncte in g, h, k ſind, während in a die Kraft, in f die Laſt wirkt. Da im erſten Hebel in a die Kraft iſt, ſo wirkt die Laſt in b; weil aber dieſer Punct mit c verbunden iſt, ſo iſt die Laſt des Hebels

ab, Kraft beim Hebel cd, die Last in diesem ist wieder Kraft im Puncte e des Hebels ef, und so weiter.

Es wird daher im ganzen Apparate der Gewinn oder Verlust an Kraft so groß seyn, als das Product aus dem Gewinne oder Verluste der einzelnen Bestandmaschinen. Man kann daher die Rechnung sehr einfach führen, indem man die Verhältnisse der Kraft zur Last bei jeder einfachen Maschine unter einander schreibt, und sie dann Glied für Glied mit einander multiplicirt. Einige Beispiele werden das Ganze erläutern.

Ist beim obigen Hebel das genannte Verhältniß

des Hebels ab, 2 : 3
= = cd, 4 : 5
= = ef, 1 : 2 so ist das Verhältniß

der ganzen Maschine 8 : 30 oder 4 : 15.

Die sogenannte Schraube ohne Ende (Fig. 98) besteht aus dem Wellrade A, wo der Halbmesser der Welle ab 2 Zoll, und der des Rades ac 14 Zoll seyn soll, und aus der Schraube B, in welcher der Abstand zweier Schraubengänge $\frac{1}{6}$ Zoll ist, während der Umfang des Cylinders 24 Zoll beträgt;

Es ist daher die Kraft zur Last beim Wellrade 2 : 14
= = = = bei der Schraube $\frac{1}{6}$: 24

Mithin bei der ganzen Maschine $\frac{2}{6}$: 346
oder 1 : 1038.

Wenn bei einem Rade an der Welle das Verhältniß der Kraft zur Last ist, wie 1 zu 4; so ist dieses bei einer Rädermaschine, die aus vier solchen Wellrädern besteht, wie Fig. 99, 1 zu 266.

Drittes Kapitel.

Bewegung der Maschinen.

222.

Wenn bei einer Maschine kein Hinderniß der Bewegung vorhanden wäre, so müßte sie sich bewegen, wenn das Moment der Kraft, welche auf sie wirkt, nur um ein geringes größer wäre, als das Moment der Last; wenn aber auch widerstehende Kräfte ins Spiel kommen, wie dieses bei allen unseren Maschinen der Fall ist, so muß auch ein Theil der bewegenden Kraft dazu verwendet werden, den Hindernissen das Gleichgewicht zu halten. Daher wird eine Maschine erst dann in Bewegung kommen, wenn das Moment der bewegenden Kraft größer ist, als die Momente der Last und der Hindernisse zusammen genommen. So bewegt sich ein Hebel, woran das Moment der Last 20, das der Hindernisse 5 ist, erst dann, wenn das Moment der Kraft größer ist als 25. Bestünde eine Maschine aus einer nicht trägen Masse, die es freilich in der Natur nicht gibt, so müßte die Geschwindigkeit, mit der sie sich bewegt, der Kraft proportionirt seyn, welche übrig bleibt, wenn man von der ganzen bewegenden Kraft den Theil wegnimmt, der nothwendig ist, um der Last und den Hindernissen der Bewegung das Gleichgewicht zu halten; bei unseren Maschinen, die aus einer trägen Masse bestehen, muß sich aber diese Kraft unter die ganze zu bewegende Masse vertheilen. Deßhalb hängt die Geschwindigkeit einer Maschine mitunter auch von der Größe der bewegten Masse ab, und wird bei übrigens gleichen Umständen desto

kleiner, je größer dieſe Maſſe iſt. Hätten alle Theile der Maſchine dieſelbe Geſchwindigkeit, ſo wäre es ein leichtes, die Maſſe in Rechnung zu bringen; da aber dieſes nicht der Fall iſt, und bei jeder Maſchine verſchiedene Theile auch eine verſchiedene Geſchwindigkeit haben, ſo iſt es nicht ſo leicht, und man kann nur durch höhere Rechnungen zum Ziele gelangen.

223.

Da bei den meiſten Maſchinen die bewegende Kraft anhaltend wirkt, ſo müßte ihre Geſchwindigkeit beſtändig zunehmen, und ihre Bewegung beſchleunigt ausfallen, wenn nicht die Hinderniſſe mit der Geſchwindigkeit wüchſen; denn ſchon durch den erſten Stoß, den die bewegende Kraft ausübt, entſpringt eine ihr proportionirte Geſchwindigkeit, und dieſe müßte, wegen der Trägheit der Materie, ununterbrochen fortdauern, wenn nicht hindernde Umſtände einträten; vermöge der im folgenden Augenblicke von neuem erfolgenden Wirkſamkeit der Kraft müßte die Geſchwindigkeit doppelt werden, und ſo fort, woraus nothwendig eine gleichförmig beſchleunigte Bewegung entſpränge. Allein die Erfahrung lehrt, daß eine Maſchine (wie man am beſten an einer Mühle, oder an einem Bratenwender ſehen kann) nur gleich Anfangs eine zunehmende Geſchwindigkeit hat, aber ſehr bald eine Geſchwindigkeit erreicht, mit der dann die Bewegung unverändert fortgeſetzt wird, ſo lange alle Umſtände dieſelben bleiben. Man ſagt dann die Maſchine ſey im Beharrungszuſtande.

224.

Wenn bei einer Maſchine das Moment der Kraft oder

der Last, oder der Reibung veränderlich ist, so kommt sie im eigentlichen Sinne nie in einen Beharrungszustand, weil ihre Bewegung, streng genommen, nie gleichförmig ist. Von der Art sind alle Werke, wo die Bewegung mittelst einer Kurbel hervorgebracht wird. Diese wird nämlich entweder durch Menschen mit der Hand, oder mit Beihülfe einer beweglichen Stange durch eine Kraft, die stets nach derselben Richtung wirkt, herumgedreht, wie z. B. beim Hornhaspel, bei Spinnrädern, Drehstühlen. Im ersten Falle kann der Mensch nicht bei jeder Stellung der Kurbel eine gleiche Kraft ausüben, indem er bald drücken, bald schieben, bald ziehen, bald heben muß; im zweiten Falle ist selbst bei einerlei Wirksamkeit der Kraft ihr Moment verschieden, wie man aus Fig. 100 sieht, wo bei der horizontalen Stellung der Kurbel ab die Entfernung der vertical wirkenden Kraft vom Ruhepuncte a, ab ist, während sie bei der Stellung der Kurbel ac und ae nur ad und af ist. Stampfmühlen gewähren ein anderes Beispiel einer solchen Maschine, besonders wenn nicht immer gleich viele Stämpfer gehoben werden, Räderwerke von ungleich ausgearbeiteten Zähnen ein drittes.

225.

Wenn eine Maschine, durch welche irgend eine Bewegung hervorgebracht werden soll, zu beurtheilen ist, so muß man sie in ihrem Beharrungszustande betrachten, und die Wirkung berücksichtigen, welche sie in einer gewissen Zeit hervorbringt. So mannigfaltig auch diese Wirkungen seyn mögen, so kann man doch jede so betrachten, als wenn durch sie ein gegebenes Gewicht in einer gewissen Zeit auf eine gewisse Höhe gehoben würde, und man sagt, eine Maschine

ſey deſto vollkommener eingerichtet, je größer dieſes Gewicht iſt, und je ſchneller es gehoben wird. Man nennt das Product aus dem Gewichte, das gehoben wird, in den Raum, durch den es in einer gewiſſen Zeit ſteigt, den Effect der Maſchine. Dabei darf man aber nicht vergeſſen, daß in derſelben Maſchine die Größe des gehobenen Gewichtes und die Geſchwindigkeit, womit es gehoben wird, oder was einerlei iſt, die Höhe, auf welche es in einer gewiſſen Zeit ſteigt, im verkehrten Verhältniſſe ſtehen. So wie man erſteres vergrößert, erleidet das zweite Abbruch, und umgekehrt. Um nun die jedem einzelnen Zwecke gemäße Geſchwindigkeit hervorzubringen, muß eine Maſchine gehörig eingerichtet ſeyn. Dieſe Einrichtung muß ſich natürlich unter andern auch nach der Beſchaffenheit der Kraft richten, die man zur Bewegung der Maſchine anzuwenden gedenkt. Deßhalb folgen hier die einfachen und auch einige zuſammengeſetzte Maſchinen mit der Angabe der Einrichtung, die ſie für die früher betrachteten Kräfte haben ſollen.

226.

Den Hebel erblicken wir in vielen unſerer gewöhnlichen Geräthſchaften, z. B. in den Schaufeln, Scheeren, Zangen, den Clavierhämmern, Rudern, an den ſogenannten Hebladen u. ſ. w. Man wird daher wohl begreifen, wie jedes dieſer Werkzeuge am vortheilhafteſten gebraucht wird. Will man zum Beiſpiele mit einer Schaufel viel auf einmahl heben, ſo muß man ſie mit einer Hand am Ende des Stiels, mit der anderen nahe gegen die Schaufel angreifen; je ſchneller man etwas heben will, deſto weiter rückt man mit den Händen gegen das Stielende. Eben ſo erkennt man leicht, warum

man Papierſcheeren, die keinen großen Widerſtand zu überwinden haben, ſo lange an der Schneide und ſo kurz an den Ringen macht, und warum Blechſcheeren gerade die entgegengeſetzte Einrichtung haben; warum man an Clavierhämmern den Arm, der an die Saiten anſchlägt, viel länger ſeyn läßt, als denjenigen, der von den Fingern der Spielenden berührt wird, u. ſ. w.

227.

Hebladen dienen, um Laſten auf eine geringe Höhe zu heben, z. B., um ſie auf einen Wagen zu laden, wohl auch um Baumſtämme und Wurzeln auszureißen.

Zum erſten Zwecke dient vorzüglich die Leupold'ſche, zum zweiten die Polhem'ſche Heblade.

228.

Die Leupold'ſche Heblade beſteht aus einem feſten Balken AB (Fig. 101), der zwei Reihen Löcher hat, die ſo angebracht ſind, wie die Zeichnung zeigt Die Entfernung eines von dem andern in derſelben Reihe liegenden mag 6 Zoll betragen. Durch eines derſelben, z. B. durch a, geht ein ſtarker eiſerner Bolzen, der ſo weit über die Fläche des Balkens hervorragt, daß der Hebel cd darauf liegen kann, an deſſen Ende D die Laſt mittelſt eines ſtarken Hakens angebracht iſt. Drückt man bei C auf den Hebel, damit ſich ſein anderer Arm über das Loch b erhebe, ſo kann man durch b einen zweiten Bolzen ſtecken, und den erſteren aus a herausnehmen. Läßt man nun mit dem Drucke ein wenig nach, damit der Hebel über c ſtehe, ſo kann man den Bolzen wieder in c einſtecken, und ſo die Laſt heben, indem man den Hebel bald auf dem in die erſte, bald auf dem in die zweite Löcher-

reihe gesteckten Bolzen ruhen läßt. Häufig verbindet man zwei Balken, wie AB so mit einander, daß sie eine schmale Rahme bilden, und der Bolzen an beiden Enden in den Löchern der Balken stecken kann.

229.

Die Polhem'sche Heblade (Fig. 102) besteht aus zwei starken Pfosten, welche oben und unten durch Querpfosten zu einer Rahme verbunden sind, damit die Hebstangen dazwischen kommen können. Die Seitenpfosten sind schief durchbohrt. In zwei der Löcher kommen eiserne Bolzen, auf welche ein etwa 12 Fuß langer Hebel AB gelegt wird. Auf diesen kommt erst die eigentliche Hebstange CD, die eine Länge von 12 bis 16 Fuß hat.

Beim Gebrauche wird diese Hebstange an einem Ende auf den auszureißenden Stock gelegt, und eine breite, von der Erde zum Theil entblößte starke Wurzel mittelst Stricken in einer kleinen Entfernung vom Ende befestiget; man kann aber auch eine eigene Unterlage für die Hebstange anwenden. Das andere Ende der Hebstange ruht auf dem Hebel, der von den eisernen Bolzen getragen wird.

Hebt man nun diesen Hebel abwechselnd auf einer, und dann auf der anderen Seite der Rahme so weit auf, daß man den Bolzen um ein Loch höher stecken kann, so ist man im Stande, die stärksten Baumstöcke, ja selbst 20 Fuß hohe Bäume auszureissen.

230.

Eine äußerst sinnreiche Verbindung von Hebeln, die durch Wasserdruck bewegt werden, ist die Aldinische Wassermaschine (Fig. 103). A ist ein Wasserkasten, der am Bo-

den eine Klappe a hat, die sich von unten nach oben öffnet. BC ist ein zweiarmiger Hebel, dessen Ruhepunct in D ist, und der in B eine Schaufel zur Aufnahme des Wassers hat. Auf dieser Schaufel steht ein Stift bc in die Höhe, mittelst welchen das Ventil a geöffnet wird, wenn er an dasselbe anstoßt. Durch EF ist dieser Hebel mit einem anderen zweiarmigen GH verbunden, der in G ebenfalls eine Wasserschaufel hat. Wie nun BC in die Höhe gestoßen und dadurch a geöffnet wird, füllt sich die Schaufel des zweiarmigen Hebels mit Wasser, sinkt durch das Gewicht desselben, und schüttet es, wenn sie schief steht, auf die Schaufel G des zweiten Hebels. Nun sinkt dieser durch den Druck des Wassers, und hebt dadurch wieder den ersten Hebel BC, damit er durch den Stift bc das Ventil a von neuem öffne, und so die Bewegung der beiden Hebel so lange fortgesetzet werde, als A Wasser enthält. Mittelst der Stange K, und der beweglichen Krücke LM kann die Bewegung des Hebels CB einem Rade oder einer anderen Vorrichtung mitgetheilt werden.

231.

Rollen und ihre Verbindungen unter einander werden sehr häufig als Hebzeuge gebraucht. Fig. 104 stellt einige solche Verbindungen (Rollenzüge) vor.

232.

Das Rad an der Welle erscheint unter den mannigfaltigsten Formen in seiner Anwendung. Alle Gattungen Räder, die Haspeln, Göpel, Winden ꝛc. gehören zu dieser Maschine.

233.

Ein Haspel heißt Berg- oder Hornhaspel, wenn die Welle, die hier der Rundbaum heißt, an einem oder an bei-

den Enden eine Kurbel hat, und horizontal liegt, wie Fig. 105 zeigt. Um den Rundbaum geht ein Seil, an deſſen Ende die Laſt, angebracht, und mittelſt einer Kraft an dem Haſpelhorne (der Kurbel) heraufgezogen wird. An ſeinen Enden liegt er auf den Haſpelſtützen. Die Länge des Rundbaumes richtet ſich nach der Länge des umzuwickelnden Seiles, bei dem man immer darauf ſieht, daß es ſich nicht überwickelt, mithin nach der Tiefe, aus welcher eine Laſt gehoben werden ſoll. Seinen Durchmeſſer beſtimmt die Größe der Laſt und die Stärke der Ziehkraft. Er beträgt gewöhnlich 6 — 10 Zoll.

Die Höhe der Haſpelſtützen darf nicht über $\frac{6}{10}$ der Mannshöhe betragen, wenn die Kurbel von Menſchenhänden bewegt werden ſoll. Die Kurbel ſelbſt ſoll keine größere Länge haben, als $\frac{1}{4}$ der Länge eines Menſchenarmes, weil ſonſt die Stellung des Arbeiters zu unbequem, mithin nachtheilig für die Arbeit ausfällt.

Sind an beiden Enden Kurbeln angebracht, ſo müſſen ſie ſo geſtellt ſeyn, daß eine derſelben aufwärts gerichtet iſt, wenn die andere nach unten ſteht, damit immer einer von den beiden, welche die Kurbeln drehen, die größte Kraft ausüben kann, wenn der andere ſich in der nachtheiligſten Stellung befindet.

234.

Ein Kreuzhaſpel unterſcheidet ſich vom Hornhaſpel nur dadurch, daß er ſtatt der Kurbel kreuzweis durch den Rundbaum geſteckte Stangen hat, wie Fig. 106 zeigt. Die Stangen ſollen nicht länger ſeyn, als daß ein Mann bequem von einer zur anderen langen kann. Man thut gut, wenn man

in den Wellbaum eiſerne Zapfen einſchlägt, und ſie in meſſingenen Pfannen laufen läßt.

Weil beim Kreuzhaſpel die Arbeiter immer eine Kreuzſtange faſſen, und dann wieder auslaſſen und eine andere ergreifen; ſo kann die bewegende Kraft nur ſprungweiſe wirken, und man kann dieſen Haſpel nur da mit Nutzen anwenden, wo dieſes nicht ſchadet, wie z. B. beim Waſſer ſchöpfen.

235.

Der Radhaſpel hat ſtatt der Kreuzſtangen ein Rad, an deſſen Umfange Stäbe, wie verlängerte Halbmeſſer hervorſtehen. Ihre Länge beurtheilt man wie beim Kreuzhaſpel. Siehe Fig. 107.

236.

Die Erdwinde unterſcheidet ſich vom Kreuzhaſpel bloß dadurch, daß der Rundbaum vertical ſteht, und daß meiſtens mehr als vier Kreuzſtäbe hervorſtehen, deren jeder durch eine Perſon bewegt werden kann. Wo man viele Menſchen an eine ſolche Winde anſtellen muß, und leicht der Fall eintreten kann, daß einer oder der andere nachläſſig wirkt, und dieſes dennoch aus dem Erfolge nicht alſogleich erkennbar iſt; da befeſtiget man die Kreuzſtangen mittelſt Federn an die Welle. So wie der Arbeiter angreift, muß er erſt die Feder ſo weit biegen, daß ſie an ein Hinderniß anſteht, welches an einem eigenen Kranze angebracht iſt, in deſſen Ebene die Kreuzſtäbe liegen. Wirkt nun ein Arbeiter nachläſſig, ſo biegt er die Feder nicht hinreichend, und ſein Hintermann tritt ihm ſo nahe, daß er an ſeinen Fuß anſtoßt, und ihn dadurch zur größeren Thätigkeit anſpornt.

237.

Das Laufrad ist ein verticales Rad mit zwei Kränzen, welche am äußeren Umfange einen Boden mit oder ohne aufgenagelten Leisten haben. In dieses kann ein Mensch steigen, und es durch Fußtritte bewegen; man kann aber auch ein Thier zu demselben Zwecke verwenden. Siehe Fig. 108.

Die Höhe des Rades soll so groß seyn, daß ein Thier oder ein Mensch nicht ganz bis zur Welle reicht, wenn er im Innern des Rades steht. Man reicht für Menschen mit einer Höhe von 14 Fuß gewöhnlich aus. Eben so muß sich auch die Breite nach der des Thieres richten. Man rechnet für einen Menschen 21 Zoll, für zwei Menschen 45, für ein Pferd 36, für zwei Pferde 72, für einen Ochsen 48 Zoll Breite.

Thiere und Menschen wirken im Laufrade bloß durch ihr Gewicht. Dieses kann aber nur dann eine Bewegung hervorbringen, wenn es nicht auf den untersten Theil des Rades wirkt, und es trägt desto mehr zur Bewegung desselben bei, je größer die Schrittweite des Menschen oder des Thieres ist. Allein, da weitere Schritte wieder langsamer gemacht werden als engere, so muß es eine Schrittweite geben, bei welcher die Wirkung am größten ausfällt. Als solche findet man für Menschen, die von 19°, für Ochsen und Pferde, die von 15°. In diesem Falle wirkt ein Mensch so, als wenn sein halbes Gewicht am Ende des horizontalen Radhalbmessers angebracht wäre. Setzt man den Effect eines Menschen bei dieser Maschine 1, so ist der eines Pferdes 6, eines Ochsen $1\frac{7}{9}$.

238.

Ein Rad mit zwei Kränzen und dazwischengesetzten Bretstücken (Spillen), so daß es ein Mensch oder ein Thier durch Treten von außen umdrehen kann, heißt ein Tretrad. Der übrige Bau ist verschieden, je nachdem es ein Mensch oder ein Thier bewegt. Im ersteren Falle wird seitwärts ein Gerüst angebracht, an welches sich der Tretende mit den Händen anhält, während er die Schaufeln des Rades mit den Füßen in Bewegung setzt. Ein Mensch wirkt da so, als wenn $\frac{7}{8}$ seines Gewichtes am Umfange des Rades senkrecht auf dem horizontalen Halbmesser desselben angebracht wären. Ein Thier kann auf ein solches Rad nur mit den Vorder- oder Hinterfüßen allein wirken. Deßwegen muß das Rad oben ein Gerüst haben, an dem eine Oeffnung ist, durch welche das Thier mit zwei Füßen auf das Rad gelangen kann, während die zwei anderen einen festen Stand haben. Man kann bei dieser Einrichtung kaum das halbe Gewicht des Thieres als wirksam betrachten. (Fig. 109.)

239.

Die Tretscheibe (Fig. 110) ist ein schief stehendes Rad mit einem breiten, auf der Axe senkrecht stehenden Kranze, an welchem Leisten aufgenagelt sind, um dem Thiere, welches das Rad bewegen soll, wie eine Treppe zur Stütze zu dienen. Die Neigung des Rades gegen den Horizont beträgt gewöhnlich 15 — 20 Grade.

Man wählt zur Bewegung solcher Tretscheiben am liebsten Ochsen oder Pferde. Das Thier wird an einen, außerhalb der Scheibe errichteten Pfahl angehängt, damit es seine Stelle nicht ändern kann, und durch sein Gewicht die

Scheibe bewegen muß. So wie ſich dieſe dreht, iſt es gezwungen vorwärts zu ſchreiten, und ſo die Scheibe im Gange zu erhalten.

240.

Um die Kraft zu finden, mit der ein Thier an einer ſolchen Maſchine wirkt, darf man ſich nur unter AB (Fig. 111) die Scheibe, unter ABC den Winkel vorſtellen, den ſie mit dem Horizonte BC macht. Iſt GE das Gewicht des Thieres, ſo löſet man es in zwei Kräfte GF und GD auf, wovon eine auf der Scheibe ſenkrecht ſteht, während die andere mit ihr parallel lauft. Erſtere wird durch den Widerſtand der Scheibe aufgehoben, und letztere bleibt zur Bewegung derſelben übrig. Wenn ABC = 15° iſt, ſo wirken vom Gewichte des Thieres nur $\frac{3}{10}$ auf die Scheibe.

241.

Außer dieſen Wellrädern, die meiſtens durch Muskelkraft bewegt werden, gibt es noch andere, bei denen der Druck oder der Stoß des Waſſers und der Luft als bewegende Kraft wirkt. Dahin gehören unſere gewöhnlichen Waſſerräder und die Flügel der Windmühlen.

242.

Die Waſſerräder ſind entweder unterſchlächtige, oder oberſchlächtige, oder horizontale Räder. Bei den erſteren wirkt das Waſſer von unten auf eigens dazu beſtimmte Schaufeln durch den Stoß; bei den zweiten fällt es von oben auf das Rad, ſammelt ſich in eigenen Käſten, und dreht es theils durch den Druck, theils durch den Stoß; bei den letzteren wirkt auch das Waſſer von oben als Stoßkraft, aber es fällt auf die Schaufeln ſchief, und bewirkt dadurch das Umdrehen des Rades.

243.

Wenn die Schaufeln eines unterschlächtigen Wasserrades am Umfange eines einzigen Kranzes angebracht sind, so heißt es ein Strauberad (Fig. 112); befinden sie sich zwischen zwei Kränzen wie Fig. 113, so nennt man es Staberad; kann ein solches Rad erhöht oder gesenkt werden, so wird es Pansterrad genannt, und zwar Stockpanster, wenn das Zapfenlager mittelst eines Hebels erhöht, und durch Bolzen in einer bestimmten Höhe erhalten wird, hingegen Ziehpanster, wenn es durch Ketten in die Höhe gezogen wird. Unterschlächtige Wasserräder hängen entweder frei im Wasser, wie man bei unseren Schiffmühlen sehen kann, oder sie gehen zwischen zwei verticalen Wänden, die ein Gerinne bilden. Ist der Boden dieses Gerinnes eben, so heißt es ein Schuß- oder Schnurgerinne; ist er aber unter dem Rade gekrümmt, so nennt man es Kropfgerinne, und die Biegung desselben die Kröpfung.

244.

Bei den unterschlächtigen Wasserrädern wirkt das Wasser durch den Stoß. Die Stärke dieses Stoßes läßt sich nach 169 berechnen, wenn die Geschwindigkeit des anstoßenden Wassers, die Geschwindigkeit, mit der die Schaufeln ausweichen, und die Größe der Stoßfläche gegeben ist, und ist immer gleich dem Gewichte einer Wassersäule, welche die Stoßfläche zur Basis, und eine Höhe hat, die dem Unterschiede der Geschwindigkeit des Wassers und der Stoßfläche nach der Tafel I entspricht; vorausgesetzt, daß sich das Rad in einem Canale bewegt, dessen Breite viel beträchtlicher ist, als die Länge

der Stoßfläche. Bewegt sich das Rad in einem Gerinne so, daß seitwärts kein Wasser entweichen kann, ohne an die Schaufeln zu stoßen, so ist der Stoß dem doppelten Gewichte der genannten Wassersäule gleich. Dieses gibt dem Practiker den nützlichen Wink, ein unterschlächtiges Wasserrad immer in einem Gerinne laufen zu lassen, und die Schaufeln ja nicht kürzer zu machen, als nothwendig ist, um ihnen eine freie Bewegung im Gerinne zu verschaffen.

Mit der Größe des Stoßes auf die Schaufeln muß man aber die Wirkung der Maschine, die dadurch bewegt wird, nicht verwechseln. Der Stoß ist offenbar desto größer, je kleiner die Geschwindigkeit der Stoßfläche ist; dieses kann man aber nicht vom Effecte der Maschine sagen, denn dieser hängt von der Geschwindigkeit ab, mit der ein Gewicht gehoben wird, und zugleich von der Größe dieses Gewichtes. Es gibt der Rechnung gemäß eine gewisse Geschwindigkeit der Stoßflächen, bei der die Wirkung der Maschine am größten ist. Diese Geschwindigkeit beträgt die Hälfte von der des zufließenden und anstoßenden Wassers. Daß diese Geschwindigkeit nicht $\frac{1}{3}$ von der des Wassers ist, wie man noch 169 hätte erwarten sollen, kommt daher, weil das Wasser nach vollbrachtem Stoße nicht so schnell ausweicht, daß es keinen Widerstand erzeugt.

Dieser größtmöglichste Effect kann geschätzt werden durch das halbe Product aus dem Gewichte des Wassers, das in einer Zeiteinheit, z. B. in einer Secunde an die Stoßschaufeln anschlägt, und aus der Höhe, welche der Geschwindigkeit des anstoßenden Wassers entspricht. Hat also eine Stoßfläche 2 Quadratfuß und beträgt die Geschwindigkeit

des Wassers 3 Fuß, so entspricht ihr eine Höhe von 1 Zoll 11 Linien $= \frac{23}{144}$ Fuß; die in einer Secunde anstoßende Wassermasse beträgt daher $3 \times \frac{23}{144} = \frac{69}{144}$ Kubikfuß, oder $\frac{69}{144} \times 56\frac{1}{2} = 27$ Pf.; mithin ist der gesammte Effect gleich einem Gewichte von $13\frac{1}{2}$ Pf., das in einer Secunde 1 Zoll 11 Linien hoch gehoben wird. Würde daher ein solches Wasserrad zum Wasserheben verwendet, so würde es gerade halb soviel Wasser heben können, als es zu seinem Betriebe benöthiget.

245.

Wenn die Güte eines schon vorhandenen unterschlächtigen Wasserrades beurtheilt werden soll, so muß man nur den größtmöglichen Effect als Richtschnur der Beurtheilung annehmen, und ein Rad für desto vollkommner halten, je mehr sich seine Wirkung demselben nähert. Soll ein unterschlächtiges Wasserrad gebaut werden, so muß man ihm eine solche Einrichtung geben, daß dadurch der größte Effect möglichst erreicht wird. Deßhalb hat man bei dem Baue eines unterschlächtigen Wasserrades auf die Stellung, Menge und Größe der Stoßschaufeln vorzüglich Rücksicht zu nehmen.

246.

Bei einem Schußgerinne setzt man die Schaufeln nach der Richtung des Halbmessers ein, oder man gibt ihnen höchstens nach Bossuts Anleitung eine Neigung von $25° — 30°$ gegen denselben. Letzteres ist deßhalb vortheilhaft, weil sich dann die Schaufeln bei ihrem Austreten aus dem Wasser erst der verticalen Lage nähern, und deßhalb nicht so viel Widerstand finden, auch nicht so viel Wasser mit in die Höhe nehmen, als dieses geschieht, wenn die Schaufeln in der

Verlängerung des Halbmessers liegen, und schief aus dem Wasser treten.

247.

Was die Anzahl der Schaufeln anbelangt, so hält es Bossut für gut, deren so viele anzubringen, als möglich ist, ohne das Rad zu schwer zu machen, und die Reibung an den Zapfen zu sehr zu vermehren. Man nimmt gewöhnlich an, daß bei einem 8 — 12 Fuß hohem Wasserrade 3 Schaufeln zugleich ins Wasser getaucht sind; bei größeren Rädern können sich aber immer 4 — 5 zugleich eintauchen.

248.

Die Breite der Schaufeln richtet sich nach der Größe des eingetauchten Theils. Sie muß wenigstens das doppelte dieser Größe betragen, damit das anstoßende Wasser ja nicht überschlagen kann. Die Länge der Schaufeln hängt vom Gerinne ab, und ist nur um so viel kleiner als die Breite des Gerinnes, als nöthig ist, damit sich das Rad drehen kann, ohne an den Wänden anzustreifen.

249.

Bei einem Kropfgerinne bestimmt man die Anzahl, Breite und Länge der Schaufeln auf dieselbe Weise, wie bei dem Schußgerinne; nur die Art des Einsetzens ist etwas anders, als daselbst. Da dürfen nämlich die Schaufeln nicht ganz in der Richtung des Halbmessers liegen, weil sie leicht vom Wasser überschlagen würden. Bei großen Kröpfungen dürfen die Schaufeln auch nicht gerade seyn, sondern man muß sie gebrochen machen.

Um die Lage der einzelnen Schaufeltheile finden zu können, muß zuerst nach den vorausgeschickten Regeln die An-

zahl, und mithin die Entfernung der Schaufeln am Umfange des Rades bestimmt seyn. Ist dieses geschehen, so nimmt man im Gerinne den Punct A (Fig. 114) an, der mit einem Theilungspuncte E des Rades zusammentrifft, und wo das Gerinne und das Rad eine Kreiskrümmung aus dem Mittelpuncte C haben, theilt den verticalen Halbmesser CB des Rades in so viele Theile, als der Viertelkreis des Rades Schaufeln faßt. Beträgt z. B. diese Anzahl 7, so theilt man CB in 7 Theile, bezeichnet die Theilungspuncte mit den ihnen entsprechenden Zahlen vom Mittelpuncte angefangen. Hierauf nimmt man dieselbe Theilung vor mit dem Quadranten, der zwischen dem Puncte D und dem Puncte B enthalten ist, welcher Punct B im Halbmesser CB liegt, und bezeichnet auch diese Theilungspuncte mit den entsprechenden Zahlen von B angefangen. Verbindet man nun den Theilpunct E des Quadranten mit dem gleich bezeichneten Puncte des Halbmessers, so gibt die Verbindungslinie die Richtung eines Theils der Schaufel, den man Stoßschaufel heißt. Seine Breite bestimmt der Kreis abc, der in der Mitte des Kranzes gezogen ist. Die Richtung des anderen Theils der Schaufel findet man, wenn man die Breite der Stoßschaufel EF mit dem Cirkel faßt, und aus F einen Kreisbogen beschreibt. Schneidet dieser den inneren Kreis des Kranzes in G, so zieht man FG, und sieht diese Linie als die Richtung der zu EF gehörigen Schaufel an.

250.

Wenn ein solches Wasserrad nach richtigen Grundsätzen gebaut ist, so nähert sich seine Wirkung dem durch Rechnung

gefundenen größten Werthe der Wirkung ungemein, wie man besonders aus den Versuchen ersehen kann, die der englische Gelehrte Smeaton mit unterschlächtigen Rädern anstellte. Diese Versuche lehrten Folgendes:

1. Bei einerlei Geschwindigkeit des Wassers verhalten sich die Wirkungen eines unterschlächtigen Wasserrades, wie die in derselben Zeit verwendeten Wassermengen.
2. Bei einerlei Wassermengen stehen diese Wirkungen im Verhältnisse mit dem Quadrate der Geschwindigkeit des Wassers.
3. Bei derselben Größe der Oeffnung des Gerinnes wächst die Wirkung, wie der Würfel der Geschwindigkeit des Wassers.
4. Die größte Wirkung der Räder findet Statt bei einer Geschwindigkeit des Rades, die ungefähr $\frac{12}{28}$ von der Geschwindigkeit des Wassers beträgt.

Man sieht hieraus, wie wenig diese Resultate von denen abweichen, welche die Rechnung gegeben hat. Nur die Geschwindigkeit, bei welcher den Versuchen gemäß die Wirkung des Rades am größten wird, ist bedeutend kleiner, als die durch Rechnung gefundene. Es liegt aber die Ursache dieser Abweichung nicht in einer fehlerhaften Art zu experimentiren, denn auch der berühmte Bossut gibt nach seinen sehr genauen Versuchen eine von der Rechnung abweichende Geschwindigkeit an, bei der das Rad am vortheilhaftesten wirkt, sondern in der Unmöglichkeit das Wasser, das bereits den Stoß ausgeübt hat, so abzuleiten, daß es dem Rade in der Bewegung nicht hinderlich ist, wie man doch in der Rechnung annimmt.

251.

Die horizontalen Wasserräder unterscheiden sich von den verticalen unterschlächtigen dadurch, daß ihre Axe vertical steht, und daß die Schaufeln so am Kranze eingesetzt sind, daß sie senkrecht auf der Richtung des zufließenden Wassers, mithin schief auf der Axe stehen. Man macht diese Schaufeln entweder geradlinig, oder man gibt ihnen eine solche Biegung, daß das Wasser nur senkrecht auf die Schaufel anstoßt, und nach vollbrachtem Stoße in horizontaler Richtung abläuft. Deßhalb fallen die Schaufeln manchmahl löffelförmig aus, und man heißt die Räder aus diesem Grunde Löffelräder. Fig. 115 stellt drei solche Räder vor, wovon das erste geradlinige, das zweite und dritte krummlinige Schaufeln hat.

252.

Um sich von der Wirkung des Wasserstoßes auf ein horizontales Wasserrad eine richtige Vorstellung machen zu können, sey (Fig. 116) A der Kranz eines solchen Rades; BC seine Axe, DE eine seiner Schaufeln. Strömt nun das Wasser nach der auf DE senkrechten Richtung mit der Geschwindigkeit FG zu, so kann man FG in FH und HG zerlegen. HG dreht das Rad um seine Axe; FH geht durch den Widerstand der Schaufeln verloren. Der Wasserstoß wird also desto ausgiebiger seyn, je kleiner der Winkel FGH wird.

Man gibt diesen Rädern selten einen größeren Durchmesser als $4\frac{1}{2}$ Fuß, und wendet sie überhaupt nur in Gebirgsgegenden an, wo das Wasser einen hinlänglichen Fall hat. Kann man bei einem solchen Rade eine Geschwindig-

keit zu Wege bringen, daß es in einer Minute 60 Umdrehungen macht, so läßt es sich recht wohl zu einer Mühle verwenden. Man kann ohne weiteren den Mühlstein (Laufer) an die Axe des Rades anbringen, und so eine äußerst einfache und wohlfeile Mühle ohne allem Räderwerke bauen. Dazu gehört aber für ein Rad von 4½ Fuß eine Geschwindigkeit von ungefähr 13 Fuß. Wo einem kein so schnell fließendes Wasser zu Gebothe steht, bringt auch ein horizontales Wasserrad keinen besonderen Vortheil, ja man thut besser, in einem solchen Falle ein verticales unterschlächtiges Rad anzubringen.

253.

Ein oberschlächtiges Wasserrad besteht aus zwei Kränzen, zwischen welche dünne Breter, d. i. Schaufeln so eingesetzt werden, daß sie Zellen für das Wasser, oder sogenannte Wassersäcke bilden. In diese Zellen fällt das Wasser, welches von oben mittelst eines eigenen Gerinnes auf das Rad geleitet wird, und dreht es entweder bloß durch sein Gewicht, oder durch das Gewicht und den Stoß zugleich. Ersteres findet dann Statt, wenn sich der Umfang des Rades mit derselben Geschwindigkeit dreht, mit welcher das Wasser in die Wassersäcke fällt; letzteres, wenn der Umfang des Rades eine geringere Geschwindigkeit hat, als die des Wassers ist.

254.

Wird ein oberschlächtiges Wasserrad bloß durch das Gewicht des Wassers bewegt, so ist seine Wirkung desto größer, je langsamer sich das Rad dreht, und je größer der mit Wasser gefüllte Bogen des Rades ist. Deßhalb muß ein solches Rad so groß seyn, als es der Fall des Wassers erlaubet,

vorausgesetzt, daß man von unten dem Wasser einen freien Abzug verschafft. Die Schaufeln müssen so eingesetzt werden, daß ein Wassersack das Wasser nicht eher von sich gibt, als er den untersten Platz erreicht hat.

255.

Da man keine Methode kennt, nach welcher die Schaufeln so eingesetzt werden, daß sie der genannten Forderung völlig Genüge leisten, so muß man sich mit einer solchen begnügen, die dieser am nächsten kommt. Folgendes Verfahren scheint allen übrigen vorzuziehen zu seyn:

Ist AB (Fig. 117) der Durchmesser des Rades, BC die Breite der Kränze, (die man nicht leicht über 12 Zoll macht) so theilt man BC in drei gleiche Theile, wovon CD einer ist, und beschreibt aus dem Mittelpuncte des Rades E mit dem Halbmesser DE einen Kreis, den die Werkleute den Theilriß nennen. Diesen Theilriß theilt man in so viele gleiche Theile, als das Rad Schaufeln haben soll, und derer man gewöhnlich 3mahl so viele nimmt, als der Durchmesser des Rades Fuß enthält. Nun setzt man die Schaufeln aus zwei Stücken zusammen, wovon das eine, dem Mittelpuncte des Rades nähere, Stoßschaufel, das andere Riegel- oder Kropfschaufel heißt.

Um die Lage der Stoßschaufel zu finden, muß man die Dicke des zuströmenden Wasserstrahls kennen. Mit dem Halbmesser, der dieser Dicke gleich ist, beschreibt man aus einem Theilpuncte des Theilrisses einen Kreisbogen, und zieht von dem nächstfolgenden Theilpuncte auf diesen Bogen eine Tangente. Ihre Lage gibt die der Stoßschaufel. Wäre z. B. ad die Dicke des Wasserstrahls, a und b zwei unmittelbar auf

einander folgende Theilpuncte des Theilriſſes, cd der mit ad beſchriebene Kreisbogen, bd die Tangente desſelben, ſo gibt bd zugleich die Riegelſchaufel, welche zu b gehört. Die Riegelſchaufel ſtoßt man gewöhnlich unter einem rechten Winkel mit der Stoßſchaufel zuſammen, oder man ſtellt ſie in die Richtung des Halbmeſſers des Rades. Erſteres iſt leichter zu veranſtalten, weil ſich zwei Breter unter einem rechten Winkel am beſten verbinden laſſen. Um die Zellen ganz zu ſchließen, bekommt das Rad inwendig einen Breterboden.

256.

Vor einigen Jahren hat man in England eine Gattung oberſchlächtiger Waſſerräder zu bauen angefangen, welche das Waſſer viel beſſer, als alle anderen halten ſollen. Fig. 118 ſtellt ein ſolches Rad vor.

Da iſt jeder Waſſerſack durch eine Zwiſchenwand, die mit den Kränzen des Rades parallel geht, in zwei Theile getheilt, und jede Stoßſchaufel iſt nicht allein gegen den Halbmeſſer des Rades, ſondern auch gegen die Seitenwand des Kranzes unter einem ſpitzigen Winkel geneigt.

157.

Hat ein oberſchlächtiges Waſſerrad eine kleinere Geſchwindigkeit als die des zuſtrömenden Waſſers iſt; ſo wird es durch den Druck und durch den Stoß zugleich bewegt. Beide Kräfte zuſammen bringen der Theorie nach den größten Effect hervor, wenn die Geſchwindigkeit des Rades halb ſo groß iſt, als die des zuſtrömenden Waſſers. Indeß gibt man ſolchen Rädern in der Ausübung meiſtens eine Geſchwindigkeit, welche der des Waſſers gleich iſt, weil man ſie ſonſt gar breit machen müßte, wenn ſie alles Waſſer auffangen ſol-

len, und dieſes das Gewicht, und mithin auch die Reibung an den Zapfen ſtark vermehren würde. Dabei muß man aber auch auf die Wirkung des Stoßes Verzicht leiſten, und das Rad kehrt in die Reihe der vorhin betrachteten zurück.

258.

Smeaton hat auch über die Wirkung der oberſchlächtigen Waſſerräder Verſuche angeſtellt, und folgende Reſultate gefunden:

1. Bei einerlei Waſſermenge iſt die Wirkung eines oberſchlächtigen Waſſerrades, welches bloß durch den Waſſerdruck bewegt wird, doppelt ſo groß, als die eines unterſchlächtigen.
2. Die Wirkung eines Rades, das durch den Druck und durch den Stoß des Waſſers zugleich bewegt wird, beſteht aus zwei Theilen. Der eine iſt gleich der Wirkung eines unterſchlächtigen Rades, das vom Waſſer mit einer Geſchwindigkeit geſtoßen wird, die das Waſſer bekäme, wenn es von der Oberfläche des Waſſers im Canale bis zum Waſſerkaſten herabgefallen wäre. Der zweite iſt gleich der Wirkung eines oberſchlächtigen Rades, deſſen Höhe der Entfernung des Punctes, wo das Waſſer auf das Rad fällt, von dem Boden gleich iſt.
3. Je höher ein Rad im Verhältniſſe zum geſammten Falle des Waſſers iſt, deſto größer iſt ſeine Wirkung.
4. Die Geſchwindigkeit eines oberſchlächtigen Rades am Umfange des Kranzes ſoll nicht über drei Fuß, und nicht unter zwei Fuß ſeyn, wenn der Effect hinreichend groß, und die Bewegung regelmäßig ſeyn ſoll.

259.

Vergleicht man die drei bisher betrachteten Waſſerräder

mit einander, so sieht man, daß bei übrigens gleichen Umständen ein oberschlächtiges Rad die größte Wirkung gibt. Allein es fordert einen hinreichenden Fall des Wassers, um eine gehörige Geschwindigkeit zu bekommen, und in gehöriger Größe angelegt werden zu können. In vielen Fällen, wo man kein hinreichendes Gefälle hat, um ein ganz oberschlächtiges Rad anbringen zu können, geht man doch nicht gleich zu einem unterschlächtigen über, sondern man baut das Rad halb oberschlächtig, d. i. man leitet das Wasser seitwärts in die Wasserzellen.

260.

Wellräder, die durch den Stoß der Luft, d. i. durch den Wind bewegt werden, sind die Flügel unserer Windmühlen. Stehen diese Flügel an einer horizontalen Welle, so heißt man die Windmühle eine verticale, befinden sie sich an einer verticalen Welle, so nennt man die Mühle eine horizontale.

261.

Bei Windmühlen müssen die Flügel gegen den Wind unter einem Winkel geneigt seyn, damit sich der Stoß des Windes in zwei Kräfte zerlegen kann, wovon eine auf der Ebene der Flügel senkrecht steht, während die andere mit ihr parallel ist, und das Umdrehen der Flügel bewirkt. Damit sich aber die Kräfte des Windes, die auf zwei einander gegenüber stehende Flügel ausgeübt werden, nicht aufheben, sondern vielmehr jede etwas zur Umdrehung der Flügel beiträgt, so muß die Ebene zweier einander entgegengesetzter Flügel zwar gleiche aber entgegengesetzte Winkel mit der Richtung des Windes machen.

Damit die Flügel einer verticalen Windmühle vom Winde gedreht werden können, er mag aus was immer für einer Gegend kommen, so ist entweder die ganze Mühle um eine verticale Axe beweglich, wie dieses bei den sogenannten deutschen Mühlen oder Bockmühlen der Fall ist, oder es läßt sich nur das Dach mit den Windflügeln herumdrehen, wie man es an den sogenannten holländischen Mühlen sehen kann. Diese haben vor jenen den Vorzug, weil sie viel fester gebaut werden können, und beim Drehen nicht soviel Kraft verwendet werden darf.

262.

Horizontale Windflügel braucht man gar nicht gegen den Wind zu stellen, weil sie von jedem getroffen und gedreht werden, er mag aus was immer für einer Gegend kommen. Dafür müssen aber die Flügel Klappen haben, die sich nach einer Seite öffnen. Fängt nun der Wind zu blasen an, so wirkt er auf den Windflügel, dessen Klappe er nach seiner Richtung nicht öffnen kann, stärker, als auf den gegenüberstehenden, dessen Klappe er öffnet, und der ihm daher nur mit seinem Gerippe Widerstand leistet. Er kann deßhalb den ganzen Mechanismus bewegen.

263.

Die Mühlen mit horizontalen Flügeln erlauben unter allen den festesten Bau, weil an ihnen weniger Bewegliches zu seyn braucht, als an den vorhin erwähnten; allein die Wirkung des Windes ist bei ihnen viel schwächer, als bei anderen Flügeln. Denn hier wirkt der Wind nur immer auf einen Flügel zum Vortheile der Maschine, die übrigen Flügel leisten sogar, wenigstens durch ihr Gerippe, Widerstand,

wenn sich auch die Klappen ganz öffnen, während bei dem verticalen Stande der Flügel jeder derselben vom Winde zur Beförderung des Effectes der Maschine getroffen wird.

264.

Die Windflügel macht man viereckig oder dreieckig. Die ersteren behaupten vor den zweiten einen entschiedenen Vorzug, weil sie bei übrigens gleichen Umständen den größten Effect geben. Die dreieckigen Flügel, die man auch portugiesische nennt, weil sie in der Gegend um Lissabon am meisten im Gange sind, müssen sehr lang seyn, wenn sie dem Winde eine hinreichende Fläche darbiethen sollen. Dadurch entsteht aber ein Zwang und Druck auf die Stützen der Wellen, und eine sehr bedeutende Reibung.

265.

Die Flügel werden meistens von einem hölzernen Rahmen gebildet, den man mit Segeltuch überzieht, mit Schilf durchflicht, oft auch nur mit dünnen Bretern beschlägt, deren Anzahl man nach der Stärke des Windes vermehrt oder vermindert. Man hat zwar auch Windflügel aus bloßem Segeltuche, wie die Segel eines Schiffes, aber sie fordern zu ihrer Spannung viele Stricke und Rollen, die noch dazu oft erneuert werden müssen, und deßhalb die Maschine nicht wenig vertheuern. Bei allen dem kann man die Segel nie so spannen, daß sie der Wind nicht eindrückt und ihre Fläche krümmt. Dieses ist aber immer der Wirkung der Mühle nachtheilig.

266.

Ueber die vortheilhafteste Einrichtung der Windmühlen, insbesondere, was die Windflügel anbelangt, hat Smeaton

viele Verſuche angeſtellt. Er bediente ſich dazu eines Modells, dem er mittelſt Gewichten, die an einer um den Wellbaum geſchlagenen Schnur gehängt wurden, eine beliebige Geſchwindigkeit geben konnte. Aus dieſen Verſuchen ergaben ſich nachſtehende Folgerungen:

1. Waren die Windflügel eben und unter einem Winkel von 55° gegen die Ebene der Bewegung geneigt, ſo wirkte der Wind am ſtärkſten auf ſie, wenn ſie in Ruhe waren; waren ſie aber in Bewegung, ſo fiel die Wirkung des Windes am kleinſten aus.
2. Die beſte Neigung der Flügel iſt die von 70½ oder 22½ Grad gegen die Ebene der Bewegung.
3. Wenn auch die Neigung der Flügel um einen oder ein Paar Grade von der abweicht, wo die Wirkung am größten iſt, ſo hat dieſes auf die Größe des Effectes der Maſchine keinen großen Einfluß.
4. Windflügel, die gegen das Ende zu breiter werden, geben eine größere Wirkung als jene, die eine rechtwinkelige Geſtalt haben; doch muß der breitere Theil mehr gegen die Ebene der Bewegung geneigt ſeyn, als der minder breite.
5. Die Geſchwindigkeit der Flügel, die keinen Widerſtand zu überwinden haben, verhält ſich zu der, wo ſie den größten Effect hervorbringen, nahe wie 3 : 2.
6. Das Verhältniß des größten Widerſtandes, bei dem der Stoß des Windes mit der Laſt im Gleichgewichte ſteht, zu dem, wo er die größte Wirkung hervorbringt, iſt nahe wie 6 : 5.
7. Die Geſchwindigkeit der Flügel iſt der des Windes proportionirt.

8. Die größtmöglichen Wirkungen eines Flügels sind fast den Würfeln der Geschwindigkeit des Windes proportionirt.
9. Horizontale Windflügel geben eine Wirkung, die bei übrigens gleichen Umständen 8 bis 10mahl kleiner ist, als die der verticalen Flügel.

267.

Unsere Räderwerke sind aus Wellrädern zusammengesetzte Maschinen von großer Wichtigkeit; denn es wird wenige nur etwas complicirte Maschinen geben, bei denen nicht ein oder das andere gezähnte Rad vorkäme. Deßhalb soll auch hier das wichtigste von der Bewegung der Räderwerke, und von ihrem Baue vorkommen.

Ein Rad, das am Umfange mit Erhöhungen und Vertiefungen oder eingesetzten Zapfen versehen ist, heißt ein Zahnrad; die Erhöhungen nennt man Zähne. Ein Zahnrad wird Sternrad genannt, wenn die Zähne in der Verlängerung des Halbmessers liegen, hingegen ein Kammrad, wenn die Zähne auf der Ebene des Rades senkrecht stehen. Die Zähne eines solchen Rades heißen Kämme. Ein Rad, dessen Zähne mit der Ebene des Kranzes einen spitzigen Winkel bilden, heißt ein conisches Rad. Greifen zwei Räder in einander ein, so heißt dasjenige, welches im Verhältnisse zum anderen klein ist, Getrieb, und wenn es aus zwei mittelst Stäben verbundenen Scheiben besteht, ein Trilling. Die Stäbe nennt man Triebstöcke. Sind an einer Welle Vertiefungen eingeschnitten, die mit ihrer Axe parallel laufen, so heißt das Getrieb ein Kumpf.

268.

Bei der Bewegung eines Räderwerkes kömmt es vor-

züglich und vor allen andern darauf an, daß sie so gleichförmig als möglich sey, und so sanft als möglich vor sich gehe. Um diese beiden Bedingungen zu erfüllen, wird bei einem Räderwerke erfordert:

1. daß jedes Rad vollkommen rund und auf seiner Axe senkrecht sey, und daß sein Schwerpunct genau in die Axe falle.
2. daß alle Zähne gleich stark, gleich weit von einander entfernt und richtig geformt seyen, und daß jeder Triebstock früher mit einem neuen Zahne in Berührung komme, ehe er den vorhergehenden verläßt. In Ermangelung dieser Eigenschaft geht die Bewegung der Räder stoßweise, und mit starker Reibung vor sich.
3. Daß die Anzahl der Zähne so groß als möglich sey; denn je größer diese Anzahl ist, desto sanfter geht die Bewegung vor sich.
4. Daß alle Räder eine solche Lage gegen einander haben, daß die Resultirende aller drückenden Kräfte, die eines auf das andere ausübt, so klein als möglich wird.

269.

Wenn zwei Räder mit einander so verbunden sind, daß die Axe des kleineren außerhalb des Umfanges des großen Rades fällt, so haben ihre Axen eine Umdrehung nach entgegengesetzten Richtungen. Bei einer Verbindung von mehreren solchen Rädern hat daher das letzte Rad eine Richtung, welche mit der Richtung des ersten übereinstimmt, wenn die Räder in ungerader Anzahl vorhanden sind; sind diese aber in gerader Anzahl mit einander verbunden, so ist die Umdrehung des ersten der des letzten entgegengesetzt. Greifen

aber zwei Räder so in einander, daß die Axe des einen innerhalb des Umfanges des andern Rades fällt, so haben beide eine Umdrehung nach derselben Seite. Dasselbe gilt auch von jeder Anzahl gezähnter Räder, die innerhalb in einander greifen. Soll daher die Richtung der Umdrehung eines Rades geändert werden, so hat man dazu zwei Mittel; man kann nämlich ein innerhalb eingreifendes Kronrad, oder ein sogenanntes Wechselrad anbringen. Man nennt aber ein Wechselrad dasjenige, in dessen Zähne zwei Räder von zwei Seiten eingreifen. Es seyen z. B. A und B (Fig. 119) zwei Räder mit horizontalen Axen. Wenn sie unmittelbar in einander greifen, so bewegt sich eines von der Rechten zur Linken, während sich das andere von der Linken zur Rechten dreht; setzt man aber ein Wechselrad C (Fig. 120) dazwischen, dessen Axe ebenfalls horizontal steht, so bekommen A und B dieselbe Richtung.

270.

Die Art der Verbindung hat nicht bloß auf ihre Richtung, sondern auch auf ihre Reibung einen großen Einfluß, weil dadurch der Druck auf die Axe des Rades, in das ein anderes eingreift, bedeutend modificirt wird. Greift z. B. das Rad B (Fig. 121) in das Getriebe A ein, so ist der Druck auf die Axe von B die Resultirende von drei Kräften: 1. von dem Gewichte des Rades und der mit ihm verbundenen Theile, 2. von der Wirkung der bewegenden Kraft P, 3. vom Drucke der Zähne des Rades gegen das Getriebe. Befinden sich nun die Axen des Rades und des Getriebes in derselben horizontalen Ebene, und ist das Getriebe an der Seite der Kraft P angebracht, so wirkt diese Kraft dem Drucke der Zähne

entgegen, und der gesammte Druck, den die Axe B erleidet, hängt nunmehr ab, 1. vom Gewichte des Rades B, 2. vom Unterschiede der Kraft P und des Druckes auf die Zähne. Da ist der Druck auf die Axe unter allen möglichen der kleinste, weil nebst den zwei angeführten Umständen auch noch der Durchmesser des Getriebes klein ist.

Befindet sich hingegen das Getriebe A′ auf der entgegengesetzten Seite der Kraft P, so wirken die bewegende Kraft P und der Druck auf die Zähne nach einerlei Richtung zusammen, und der gesammte Druck auf die Axe bekommt den möglichst größten Werth für Sternräder. Noch größer wird er aber, wenn ein Kammrad in ein Getriebe eingreift. Gestatten es daher die übrigen Umstände, so vermeide man stets die Verbindung von einem Kammrade und einem Trilling, wende dafür Sternräder an, bringe ihre Axen in dieselbe Ebene, versetze das Getriebe auf die Seite der bewegenden Kraft, und mache es von so kleinem Durchmesser, als es nur angeht.

271.

Das Verhältniß der Umdrehungszeiten zweier Räder, die unmittelbar oder mittelbar in einander greifen, oder das Verhältniß ihrer Umdrehungen, die sie in derselben Zeit machen, hängt von dem Verhältnisse der Anzahl ihrer Zähne ab. Wenn bei zwei in einander greifenden Rädern die Anzahl der Zähne gegeben ist, so kann man das Verhältniß ihrer Umdrehungszahlen leicht finden. Denn während sich das Getriebe einmahl umdreht, gehen eben so viele Zähne des Rades vorüber, als das Getriebe Zähne hat; es wird sich daher die Anzahl der Umdrehungen des Getriebes zu der Anzahl der Um-

drehungen des Rades in derselben Zeit verhalten, wie die Anzahl der Zähne des Rades zur Anzahl der Zähne des Getriebes. Hat daher das Rad 50, das Getriebe 12 Zähne, so macht letzteres 25 Umdrehungen, während das erstere 6 macht.

272.

Um die Umdrehungszahlen bei einer Verbindung mehrerer Räder und Getriebe zu finden, darf man nur die Anzahl der Zähne aller Getriebe, und eben so die Anzahl der Zähne aller Räder mit einander multipliciren. So wie sich diese Producte verhalten, eben so, aber verkehrt, verhalten sich die Umdrehungszahlen.

Hat z. B. das erste Rad 40, sein Getriebe 15 Zähne,
zweite = 48, = 6 =
dritte = 60, = 12 =

so ist 40. 48. 60 : 15. 6. 12 = 320 : 3 das gesuchte Verhältniß, und es wird das letzte Getriebe 320 Umdrehungen machen, während das erste Rad deren nur 3 macht.

Die Richtigkeit dieses Verfahrens ist aus dem obigen leicht zu ersehen.

273.

Es mögen bei einem Räderwerke wie viel immer Räder in einander greifen, so wird während einer Umdrehung des ersten Rades nur dann eine ganze Anzahl von Umdrehungen des letzten Getriebes erfolgen, wenn das Product der Zähneanzahl der Räder durch das der Getriebe theilbar ist. In diesem Falle treffen aber bei jeder Umdrehung eines Rades und seines Getriebes dieselben Zähne zusammen, während bei jeder Umdrehung ein Zahnwechsel Statt findet, wenn von obigen Zahlen nicht eine durch die andere theilbar

ist. Dieser Umstand hat bei vielen Maschinen einen großen Einfluß auf ihre Dauer und auf die Gleichförmigkeit ihrer Bewegung, weil sich offenbar nur dann alle Zähne gleichförmig abschleifen, wenn jeder derselben mit jedem des eingreifenden Rades in Berührung kommt. Deßhalb richtet man solche Maschinen, bei denen die Umdrehungszahl der Räder nicht gar genau bestimmt ist, die Sache meistens so ein, daß obige Zahlen nicht durcheinander theilbar sind. Bei einer Mahlmühle, wo ein Kammrad in einen Trilling eingreift, an dessen Axe der bewegliche Mühlstein, der sogenannte Laufer steckt, kommt es nicht darauf an, ob sich derselbe in einer Minute um einmahl mehr oder weniger umdreht; deßhalb läßt man die Anzahl der Kämme durch die der Triebstöcke nie theilbar seyn.

274.

Sind die Umdrehungszahlen einer Rädermaschine vorhinein bestimmt, und man sucht die Anzahl der Zähne, welche die Bestandmaschinen haben sollen, um sich im gegebenen Verhältnisse zu drehen; so muß man wissen, durch wie viele Räder die Aufgabe gelöst werden soll. Sind deren nur zwei, die A und B heißen mögen, so drückt man das Verhältniß ihrer vorgeschriebenen Umdrehungen durch Zahlen aus, und gibt dem Rade A so viele Zähne, als die Umdrehungszahl von B anzeigt, und dem Rade B so viele, als die Umdrehungszahl von A Einheiten enthält. Soll sich z. B. das Rad A 19mahl umdrehen, während das andere Rad B 8 Umdrehungen macht, so bekömmt A 8 und B 19 Zähne.

275.

Hierbei muß man aber zwei Regeln beobachten, 1. soll

kein Rad und kein Getriebe weniger als 6 Zähne bekommen, weil sonst die Gleichförmigkeit der Bewegung ganz verloren geht, 2. soll kein Rad die Anzahl der Zähne seines Getriebes um mehr als um das 15fache übertreffen, und überhaupt nie mehr als 200 Zähne erhalten.

Wäre daher die Umdrehungszahl des Rades kleiner als 6, so müßte man beide Umdrehungszahlen, nämlich die des Rades und des Getriebes, mit einer Zahl multipliciren, damit jene Umdrehungszahl größer werde als 6. Wenn sich z. B. ein Getriebe 20mahl umdrehen soll, während sich ein Rad dreimahl dreht, so ist das Verhältniß der Umdrehungszahlen 20 : 3, oder mit 3 multiplicirt, 60 : 9; man kann daher dem Rade 60, dem Getriebe 9 Zähne geben. Sind die Umdrehungszahlen zu groß, so theile man sie durch dieselbe Zahl, wenn es angeht, und nehme die Quotienten zur Bestimmung der Anzahl der Zähne. Soll sich z. B. A 300mahl drehen, während sich B 35mahl dreht, so theile man beide Zahlen durch 5, und gebe dem Rade 60 Zähne, dem Trilling 7 Triebstöcke.

Wenn die Umdrehungszahlen so groß ausfallen, daß die Anzahl der Zähne der zweiten Regel widerspricht, und keine Abkürzung durch Division möglich ist; so läßt sich die Aufgabe nicht mit zwei Rädern auflösen, sondern man muß deren mehrere annehmen. Um für jedes derselben die gehörige Zähnezahl zu finden, zerlegt man jede der zwei Umdrehungszahlen in so viele Factoren, als man Räderpaare annimmt. Die Factoren der kleineren Umdrehungszahlen geben die Zähne für die Getriebe, die der größeren für die Räder an. Soll sich z. B. ein Rad 77mahl umdrehen, während sich

das Getriebe 360mahl umdreht, so zerlegt man 77 in die Factoren 7 und 11, 360 in 18 und 20; mithin läßt sich die Aufgabe durch zwei Räder und zwei Getriebe auflösen, wovon ein Getriebe 7, das andere 11, ein Rad 18 das andere 20 Zähne bekömmt.

276.

Die Anwendung dieser Regel ist durch zwei Fälle beschränkt. Es kann nämlich geschehen, daß die Factoren der einen oder anderen Umdrehungszahl zu klein ausfallen, oder daß die Umdrehungszahlen Primzahlen sind, und sich daher nicht in Factoren auflösen lassen.

Im ersten Falle hilft man sich leicht dadurch, daß man beide Umdrehungszahlen mit einer Zahl multiplicirt, und so die Factoren derselben vergrößert. Soll z. B. ein Räderwerk ausgeführt werden, wo sich ein Rad dreimahl umdrehen soll, während sich das Getriebe 170mahl umdreht, so multiplicirt man beide Zahlen durch 12, und bekömmt dadurch die Umdrehungszahlen 36 und 2040, wovon erstere die Factoren 6 und 6, die andere 51 und 40 hat, und daher nach der vorigen Regel behandelt werden kann.

277.

Sind die Umdrehungszahlen Primzahlen, und so groß, daß man die Aufgabe mit einem Räderpaare nicht auflösen kann, so läßt sie sich überhaupt auf dem gewöhnlichen Wege nicht genau auflösen. Erlaubt es die Natur der Aufgabe mit einer Annäherung sich zufrieden zu stellen, so vermindert man eine von den Umdrehungszahlen um eine Einheit, und führt sie dadurch unter die vorige Regel zurück. Soll z. B. ein Räderwerk zusammengesetzt werden, wo sich ein Rad

einmahl dreht, während das Getriebe 1009mahl gedreht wird, so setzt man statt 1009, 1008, und hat dadurch die Umdrehungszahlen 1 und 1008, oder mit 720 multiplicirt, 720 und 725760. Erstere enthält die Factoren 8, 9 und 10, letztere 84, 90 und 96, folglich kann der Aufgabe näherungsweise durch drei Räderpaare Genüge geleistet werden, wo die Getriebe 8, 9, 10 Zähne, die Räder 84, 90, 96 haben.

278.

Der Augustiner Frater David hat im Jahre 1791 ein neues Rädergebäude bekannt gemacht, nach welchem man Aufgaben, wie die vorhergegangene, genau auflösen kann. Das Wesentliche dieser Räderverbindung besteht in folgenden: Es sey auf der Welle Aa, (Fig. 122) die ihre Umdrehung irgend woher erhält, ein Getriebe B befestiget. An dieselbe Welle sey auch mittelst einer Hülse eine Scheibe C angesteckt, und auf ihr ein Wechselrad D angebracht, das in das Getriebe B und in das Rad E eingreift, welches wieder mittelst einer Hülse an der Welle Aa steckt. Ist nun die Scheibe C fest, und das Rad E beweglich, so geht bei diesem Rädersysteme dasselbe vor, wie bei dem früher betrachteten. Ist hingegen E fest, und dafür die Scheibe C sammt dem Rade E beweglich, so geht es anders zu. Dreht sich bei dieser Voraussetzung B rechts, so bewegt sich das Wechselrad D links, und schiebt durch den Druck auf die Scheibe C das Rad E rechts, wenn es von innen in dasselbe eingreift, wie die Figur zeigt. Durch die Scheibe wird dem Wechselrade D außer der Bewegung um seine Are, die es dem Getriebe B verdankt, auch noch eine Bewegung um die Welle Aa mitgetheilt. Während sich B einmahl umdreht, dreht sich auch D einmahl und

es werden von E nicht so viele Zähne vorüber gegangen seyn, weil sich während der Umdrehungszeit von B nach der Rechten, auch D nach der Rechten mit der Scheibe um ein Stück umgedreht hat. Dieses Zurückbleiben einiger Zähne von E bei jeder Umdrehung von B macht, daß sich B während einer Umdrehung von E gerade einmahl öfter umdreht, als es geschehen würde, wenn die Scheibe fest wäre.

Greift das Wechselrad von außen in das Rad E ein, wie Fig. 123 zeigt, so dreht sich D links, wenn sich B rechts dreht, und schiebt die Scheibe C durch den Druck an die Kämme von E links herum. Dadurch erhält auch wieder D eine Bewegung um die Welle Aa, und macht, daß bei jeder Umdrehung von B einige Kämme von E mehr vorüber gehen, als vorübergegangen wären, wenn D nur eine Bewegung um seine eigene Axe hätte. Dieses hat den Erfolg, daß bei einer ganzen Umdrehung von B das Rad E um einmahl weniger herumkömmt, als es bei der gewöhnlichen Anordnung der Räder herum gekommen wäre.

279.

Soll nach dieser Methode die vorige Aufgabe gelöset werden, wo sich ein Rad während 1009 Umdrehungen eines Getriebes einmahl drehen soll, so vermindere man 1009 um eine Einheit, gebe nach dem vorhergehenden dem Getriebe, das an dem Rade steckt, welches sich in einer gewissen Zeit einmahl drehen soll, 8 Triebstöcke, lasse dieses an das Rad an der Scheibe mit 84 Zähnen eingreifen, bringe an die Welle desselben Rades ein Getriebe von 9 Triebstöcken, und lasse es an ein Rad von 90 Zähnen eingreifen, an dessen

Axe ſich ein Getriebe von 10 Triebſtöcken befindet, ſo iſt der Aufgabe Genüge geſchehen.

280.

Was hier allgemein über die Verhältniſſe der Umdrehungszeiten geſagt worden iſt, das mag durch die Beſchreibung einer gewöhnlichen Taſchenuhr erläutert werden, die in Fig. 124 abgebildet iſt. Das Geſtell beſteht aus zwei runden Platten, welche durch vier Pfeiler mit einander verbunden werden, und das eigentliche Räderwerk zwiſchen ſich enthalten. Der bewegende Theil der Uhr iſt eine ſpiralförmig zuſammengewundene Stahlfeder, die in der Trommel A enthalten iſt. An ihrer äußeren Oberfläche iſt eine Kette befeſtiget, die einigemahl um ſie herumgewickelt, und dann mit dem anderen Ende in die Schnecke B eingehängt iſt. Wenn die Schnecke gedreht wird, welches beim Aufziehen der Uhr geſchieht, ſo wickelt ſich die Kette auf die Schnecke auf, dreht dabei die Trommel und ſpannt die Feder. Dieſe ſucht ſich ſtets zu entwickeln, übt auf die Schecke einen Zug aus, und dreht ſie ſammt dem damit in Verbindung ſtehenden Räderwerke herum. Dieſes Umdrehen würde ſehr ſchnell geſchehen, und die Uhr würde bald abgelaufen ſeyn, wenn ſie dieſes frei thun könnte; allein ſie wird hierin durch die Lappen der Spindel wechſelweiſe aufgehalten und wieder frei gelaſſen. An der Axe der Schnecke befindet ſich das Schneckenrad, dieſes greift in ein Getriebe, an deſſen Axe das große Bodenrad C oder das Minutenrad angebracht iſt. Dieſes iſt wieder mit dem Mittelrade D, das Mittelrad mit dem Kronrade E, dieſes mit dem Steigrade F durch Getriebe verbunden. In die ſchräg ſtehenden Zähne des Steigrades greift die Spin-

del mit ihren zwei Lappen ein. An die Spindel ist die Unruhe, und unter ihr die Spiralfeder befestiget, die den Gang der Uhr, so wie ein Pendel regulirt. Die Feder kann zur Beförderung oder Verminderung des Ganges der Uhr verkürzt oder verlängert werden.

Man gibt dem Steigrade gewöhnlich 15 Zähne, dem Kronrade 45, dem Mittelrade 48, dem Minutenrade 54, dem Schneckenrade 48 Zähne, dem Getriebe am Steigrade 6, dem am Kronrade 6, am Mittelrade 8, am Minutenrade 8 Triebstöcke.

Hat das Schneckenrad 5 Gänge, und soll es sich in sechs Stunden einmahl umdrehen, damit die Uhr in 30 Stunden ablauft, so muß sich das Minutenrad in jeder Stunde einmahl, das Mittelrad in jeder Stunde 9mahl, das Kronrad 72 mahl, das Steigrad 576mahl umdrehen, und daher die Unruhe 1152 Spindelstreiche machen, so daß auf 5 Secunden 24 solche Streiche kommen.

281.

Wenn ein Rad eine bestimmte Anzahl gleich großer und gleich weit von einander entfernter Zähne bekommen soll, so muß man seinen Umfang in die gehörige Anzahl gleicher Theile theilen können. Bei großen Rädern bedient man sich der geometrischen Mittel, bei kleineren hat man eigene Schneidmaschinen, durch welche nicht bloß die Eintheilung, sondern auch das Einschneiden der Zähne vollbracht wird. Das Wesentliche einer solchen Maschine ist eine kreisförmige Scheibe, die mit mehreren concentrischen und in gleiche Theile getheilten Kreisen versehen ist. Jeder Theilpunct dieser Kreise ist durch eine kleine Vertiefung angemerkt. Das

Rad, in welches die Zähne eingeschnitten werden sollen, wird auf die Axe dieser Scheibe aufgesetzt und fest angeschraubt, doch so, daß es sammt der Axe umgedreht, und zugleich in jeder Lage befestiget werden kann. Dazu dient ein Hebel, der von der Axe, wie ein Halbmesser der Scheibe, ausgeht, und einen Zapfen hat, dessen Spitze in die feinen Vertiefungen der Kreise eingreift, und so das Rad unverrückt erhält. An der Seite der Scheibe ist die scheibenförmige Säge angebracht, welche gleich die Zähne einschneidet. Setzt man den Hebel mit dem Stifte auf den Kreis der Scheibe ein, dessen Eintheilung der Anzahl der Zähne entspricht, welche das neue Rad bekommen soll; so darf man ihn nur von einem Theilpuncte zum andern fortführen, und in jeder dieser Stellungen den Zahn einschneiden.

282.

Die Stärke der Zähne und Triebstöcke richtet sich nach der Größe des Druckes, den sie auszuhalten haben. Weil die Triebstöcke öfters herumkommen, als die Zähne, so macht man sie auch etwas stärker als diese, und zwar gewöhnlich im Verhältnisse 16:13 so, daß ein Triebstock 16 Linien dick seyn muß, wenn ein Zahn eine Dicke von 13 Linien hat.

283.

Das Material, woraus man die Zähne, Kämme und Triebstöcke macht, muß hinlänglich fest und bei Triebstöcken und Zähnen zur Verminderung der Reibung ungleichartig seyn. Bei kleineren Werken, z. B. bei Uhren, macht man die Zähne gerne von Messing, die Triebstöcke von Stahl; bei größeren, z. B. bei Mühlen, jene aus Weißbuchen, diese aus Apfelholz, Weißdorn u. s. w.

284.

Ein äußerſt wichtiger Punct iſt die Geſtalt der Zähne. Man kann ſich durch mathematiſche Unterſuchungen überzeugen, daß die Zähne nach einer beſtimmten krummen Linie geſchnitten werden müſſen, ja man kann ſogar eine Art Lehre oder Chablone zurichten, und nach dieſer die Zähne verfertigen. Gewöhnlich begnügt man ſich den Zähnen eine ſolche Geſtalt zu geben, die ſich der durch Rechnung beſtimmten ſtark nähert, und dem Abreiben während des Ganges der Maſchine die weitere Ausarbeitung zu überlaſſen.

285.

Die Geſtalt der Zähne eines Sternrades, das in ein Getriebe mit cylindriſchen Triebſtöcken eingreift, ſoll die einer Epicycloide ſeyn. Um den Zähnen eine dieſer Forderung nahe entſprechende Geſtalt zu geben, beſchreibt man aus dem Mittelpuncte des Rades einen Kreis (Fig. 125) AB, welcher durch den Punct geht, wo ſich ein Triebſtock und ein Zahn berühren, (man nennt ihn den Hauptkreis) nimmt an der Peripherie dieſes Kreiſes ein Stück FG, welches der Dicke des Zahnes entſpricht, theilt dieſes Stück in drei Theile und nimmt die Länge des Zahnes 4 ſolchen Theilen gleich an. Nun theilt man die Länge wieder in 5 Theile, wovon die zwei äußerſten für die Abrundung beſtimmt werden. Sind a und b die zwei Puncte, wo die Abrundung anfangen ſoll, ſo ſetze man einen Zirkel zuerſt in a ein, und beſchreibe mit der Weite ab den Kreisbogen bc, hierauf in a, und beſchreibe mit derſelben Weite den Bogen ac, ſo gibt abc die rechte Krümmung des Zahnendes an. Es verſteht ſich von ſelbſt, daß man nur bei einem Zahne ſo ſorgfältig verfährt.

Ist einmahl einer fertig, so nimmt man diesen als Lehre für die andern an, und formt sie alle genau nach diesem.

286.

Wenn zwei Sternräder in einander greifen, so müssen die Zähne wieder wie vorhin nach einer Epicycloide geformt seyn. Um den Zähnen diese Form zu geben, bedient man sich mit Vortheil eines sehr sinnreichen von Lafontaine angegebenen Verfahrens. Man verzeichnet auf einer ebenen Platte die Hauptkreise der Räder A und B (Fig. 126), theilt den Umfang eines jeden in so viele gleiche Theile, als jedes Rad Zähne bekommen soll, und läßt sie hinreichend über den Hauptkreis hervorstehen, damit die Zähne die gehörige Länge bekommen. Nun bereitet man sich eine Scheibe C vor, deren Halbmesser halb so groß ist, als der des Hauptkreises von B, befestiget ein dünnes und biegsames Metallblättchen mit einem Ende mittelst einer Schraube a an die Scheibe C, mit dem andern mittelst der Schraube b an den Umfang des Hauptkreises von A, drücket die Scheibe so nahe an den Hauptkreis von A, daß sich das Blättchen um ihn herumlegt.

Nun läßt man die Scheibe sich gegen das Rad drehen, und bemerkt die Krümmung des sich abwickelnden Bleches da, wo es an einen zu verfertigenden Zahn ansteht. Diese Krümmung ist die einer Epicycloide, und daher diejenige, welche der Zahn haben muß.

Auf gleiche Weise verzeichnet man auch die Zähne des Rades B, wenn man eine Scheibe zu Hülfe nimmt, deren Halbmesser dem halben Radius des Rades A gleicht, und mit dem Hülfsbleche wieder wie vorhin verfährt.

287.

Außer den Zähnen kommen bei den Rädern auch noch der Kranz, die Speichen, die Welle mit dem Zapfen und die Pfannen in Betrachtung. Bei kleinen Rädern macht man alle Theile derſelben mit Ausnahme der Axe aus einem Stücke, bei großen ſetzt man ſie aus mehreren Stücken zuſammen.

Die Stücke, aus denen man den Kranz eines Rades zuſammenſetzt, verbindet man auf mannigfaltige Weiſe. Es werden nämlich entweder zwei Stücke, die ſchon die gehörige Krümmung haben, zuſammengeſtoßen und mit einem dritten bedeckt, wie Fig. 127 zeigt, oder ſie bekommen zuerſt einen rechtwinkeligen Einſchnitt, der bis zur Hälfte der Breite reicht, legt ſie mit dieſen Schnitten an einander und verbindet ſie mit eiſernen Reifen (Fig. 128), oder man gibt ihnen zickzackförmige Einſchnitte, und verbindet ſie an dieſen Theilen mit Nägeln (Fig. 129), oder es bekömmt ein Stück einen Zapfen, das andere ein Loch, in welches der Zapfen paßt, man ſtoßt ſie zuſammen und umfaßt den ganzen Kranz noch dazu mit einem Reife (Fig. 130). Man kann ſie auch mittelſt ſogenannter Schwalbenſchwänze an einander fügen, wie Fig. 131 zeigt.

288.

Der Kranz wird mittelſt Speichen mit der Welle verbunden. Die Art dieſer Verbindung kann ſehr mannigfaltig ſeyn. Fig. 132 ſtellt drei ſolche Verbindungen vor. Welche Art der Zuſammenfügung man immer wählen mag, ſo hat man vorzüglich darauf zu ſehen, daß der Umfang des ganzen Rades genau in derſelben Ebene liege, die auf der Axe ſenkrecht ſteht, und daß das Rad ſeinen Schwerpunct genau in

der Axe habe. Man erkennt leicht, ob dieſes Statt findet oder nicht; denn ein Rad, bei welchem der Schwerpunct in der Axe liegt, bleibt in jeder Lage im Gleichgewichte, während ein ſolches, deſſen Schwerpunct ſich außer der Axe befindet, nur dann ruhig ſtehen bleibt, wenn der Schwerpunct vertical unter oder über der Axe liegt.

289.

Die Welle iſt ein ſehr wichtiger Theil eines Rades, weil ſie auf die Regelmäßigkeit und Gleichförmigkeit ſeiner Bewegung, ja ſelbſt auf die Dauerhaftigkeit des Rades einen ſehr großen Einfluß hat. Sie ſoll ſtets ſo beſchaffen ſeyn, daß die Axe des Rades genau in ihrer Mitte liegt. Wo man die Welle aus mehreren Stücken zuſammenſetzt, wie dieſes bei größeren Rädern häufig geſchieht, muß man ſehr genau darauf ſehen, daß alle Stücke dieſelbe Dichte haben, damit ja der Schwerpunct in die Axe komme.

290.

Die Zapfen, welche man an hölzerne Wellen befeſtiget, ſollen nicht bloß genau centrirt, ſondern auch unbeweglich mit der Welle verbunden ſeyn. Um eine vollkommene Verbindung zu erhalten, läßt man dem Zapfen an einem Ende einen breiten Lappen (Fig. 133), der in eine eigens dazu beſtimmte Spalte der Axe geſchoben, und mittelſt eines Ringes darin befeſtiget wird. Manchmahl gibt man ihm zwei ſolche Lappen, die ſich unter einem rechten Winkel ſchneiden. Bei Rädern, wo ein großer Druck auf die Axe ausgeübt wird, werden beide Zapfen durch eine eiſerne Stange verbunden, welche der Länge nach durch die ganze Welle geht.

291.

Die Zapfen bewegen sich in eigens dazu bestimmten Pfannen. Diese Pfannen müssen so fest seyn, daß sie sich nicht leicht durch den Druck der Maschine verschieben, sich nicht zu leicht ausreiben, und überhaupt der Bewegung durch möglichste Verminderung der Reibung zu Hülfe kommen. Weil sich die Zapfen bei der Bewegung erhitzen, so muß auch schon deßhalb eine Flüssigkeit da seyn, welche der Hitze entgegen wirkt, und zugleich auch die Reibung vermindert. Bei Maschinen, wo sich metallene Zapfen in metallenen Pfannen bewegen, wendet man Oehl an; wo zwar der Zapfen von Metall, aber die Pfanne von Stein ist, da thut Wasser gute Dienste. Holz auf Holz wird mit Seife oder Theer vortheilhaft eingeschmiert, einige rühmen sich aber den Graphit noch mehr, als Seife und Theer.

292.

Die Gestalt der Pfannen ist nach dem Zwecke der Maschine, und je nachdem die Welle eines Rades vertical steht oder horizontal liegt, sehr verschieden. Für verticale Axen thun Pfannen von der Form Fig. 134 gute Dienste. Man macht sie aus hartem und gleichartigem Materiale, das von der Luft und von Säuren nicht leicht angegriffen wird. Bei großen Rädern wählt man dazu harten Sandstein, oder noch besser Granit oder Kiesel, bei kleineren Achat. Oft macht man sie auch aus Kupfer und Messing, legt aber dann am Boden ein hartes Stahlblättchen ein. Den Raum, den bei dieser Form der Pfannen die Axe frei läßt, füllt man mit Oehl oder einer anderen fetten Substanz aus, wenn dieses die Natur der Zapfen gestattet. Man muß aber diese Materie oft

ganz erneuern, damit sie nicht ranzig werde, oder sich mit den abgeriebenen Theilen des Zapfens in einen zähen Brei verwandle, der die Bewegung aufhält, und mit der Zeit auch durch die dabei entstandene Säure Zapfen und Pfanne angreift und zerstört.

Für horizontale Axen nimmt man Pfannen von der Form Fig. 135, oder noch besser von der Form Fig. 136. Man macht sie aus Stein, Metall und auch aus Holz. Steineichenholz leistet dazu besonders gute Dienste, wenn es vor dem Gebrauche in Oehl gesotten wurde. Der Raum zwischen der Pfanne und den Zapfen enthält wieder das Schmiermittel. Wenn es einem darum zu thun ist, die Reibung an den Zapfen möglichst zu vermindern, und wenn die Last nicht gar zu groß ist, da wählt man statt der Pfannen Frictionsrollen, das heißt, man legt das Rad mit den Zapfen in die Vertiefung, welche zwei Räder mit recht dünnen Axen an ihrem Umkreise dadurch machen, daß sie neben einander stehen, und sich zum Theile decken, wie Fig. 137 zeigt. So wie das Rad sich bewegt, drehen sich auch die Frictionsrollen; es findet daher beim Rade sowohl, als auch bei der Pfanne eine drehende Bewegung Statt. Findet auch der Zapfen des Rades ein kleines Hinderniß am Umfange der Rollen, so geht er leicht darüber hinweg. Es erleiden freilich auch die Frictionsrollen an ihren Pfannen eine Reibung, allein sie kann sehr leicht durch eine sehr geringe Kraft am Umfange der Rollen überwunden werden, besonders wenn man die Vorsicht nicht vernachlässigt, ihnen recht dünne Axen zu geben. Der Engländer Fitzgerald hat solche Reibungsrollen sogar bei Haspeln, Gopeln, Mühlen, und zwar sowohl bei Wasser-, als bei Windmühlen

anzuwenden gelehrt. Gerſtner in Prag hat einen ſehr zweckmäßig eingerichteten Wagen mit ſolchen Rollen angegeben.

293.

Bei manchen Maſchinen iſt es nicht genug, daß die Pfannen ihren Axen jede Bewegung nach abwärts und ſeitwärts verwehren, ſie müſſen auch jeder Bewegung nach aufwärts begegnen. Deßhalb verſieht man oft die Pfannen mit einem Deckel, der mit Schrauben an den unteren Theil befeſtiget wird. Um aber für den Fall, daß ſich die Pfannen ausreiben, nachhelfen zu können, gibt man dem Deckel und der eigentlichen Pfanne eine ſolche Vertiefung, daß ſie, wenn ſie den Zapfen von unten und oben berühren, nicht zugleich ſeitwärts an einander anſchließen, wie Fig. 138 zeigt. Dadurch wird man in den Stand geſetzt, durch Anziehung der Schrauben, die den Deckel der Pfanne zuſammenhalten, beide einander um ſo viel nähern zu können, als die Größe der Abnützung beträgt.

Man kann auch ſolche Pfannen aus drei Reibungsrollen zuſammenſetzen, wie Fig. 139 zeigt. Mehrere berühmte Künſtler, wie z. B. Berthoud, Arnold, Mudge, Emery laſſen die Spindel der Unruhe ihrer Uhren in ſolchen Pfannen laufen.

294.

Der Keil wird in unzähligen Fällen gebraucht um Körper zu trennen, und zu ſpalten; er erſcheint in unſeren gewöhnlichen Werkzeugen, z. B. in den Meſſern, Hacken, Stemmeiſen, in den Nadeln, Nägeln und ſpitzigen Bohrern. Die größten Dienſte leiſtet er aber als Pflug.

295.

So verſchieden auch die Pflüge gebaut ſeyn mögen, die man in verſchiedenen Ländern zur Bearbeitung des Ackerbodens braucht; ſo kommen ſie doch alle darin mit einander überein, daß der eigentliche Pflugkörper einen Keil vorſtellt, durch den ein Erdſtreifen von beſtimmter Länge und Breite unter einem rechten Winkel von der Erde getrennt, und umgelegt werden ſoll. Dieſes wird durch das Sech A (Fig. 140 a), die Sohle B und das Streichbret C bewirkt. Das Sech ſchneidet in den Boden vertical ein, und trennt dadurch das zu hebende Stück in der verticalen Ebene von der übrigen Erde, die Sohle löſet es von unten ab, und hebt es zugleich, das gänzliche Umwenden bewirkt aber erſt das Streichbret, das gleichſam eine Fortſetzung der oberen Fläche der Sohle iſt. In einem leichten Boden kann die Sohle zugleich die Trennung in der verticalen Ebene bewirken, und man kann deßhalb das Sech ganz weglaſſen. Damit die Theile des Pfluges zuſammen gehalten, und mit den Zugthieren in Verbindung gebracht werden können, iſt der Pflugbaum D vorhanden. Zur Leitung des Pfluges dienen die Sterzen E. Der ganze Pflug ſtellt gewöhnlich nur einen halben Keil vor; denn der Pflugbaum D, mit dem die Richtung der Zuglinie parallel geht, iſt auch mit der Seite des Pfluges gleichlaufend, welche dem Streichbrete C gegenüber ſteht, und Landſeite genannt wird; nur durch die Neigung des Streichbretes erweitert ſich der Pflugkörper von vorne nach hinten.

296.

Wenn der Pflug in der Arbeit iſt, ſo wird er durch die

Erdſchichte, die er gerade heben ſoll, abwärts gedrückt. Dieſelbe Erdſchichte ſteigt aber am Streichbrete in die Höhe, und ſucht daher den Pflug von hinten zu heben. Dieſes hat aber auch wieder zur Folge, daß der Vordertheil eine Neigung gegen die Erde bekommt, und ſo immer tiefer eingreifen müßte, wenn man dieſer Kraft nicht begegnete. Die zu hebende Erdſchichte drückt den Pflug zwar auch gegen die Landſeite, aber dieſer Druck wird durch den Widerſtand der Erde aufgehoben.

297.

Iſt a (Fig. 140 b) der Mittelpunct der abwärts drückenden Kräfte, mithin der Punct, durch welchen die Reſultirende aller drückenden Kräfte geht, ſo kann man ſich dieſelbe durch die verticale Linie ax vorſtellen; hat die Zuglinie die Richtung ay, ſo muß durch die nach dieſer Richtung wirkende Kraft der Pflug auf der horizontalen bc fortgezogen werden. Drückt ad die Größe der Zugkraft aus, ſo löſe man ſie in zwei Kräfte ae und ed auf, wovon erſtere mit bc, letztere mit ax parallel iſt; jene muß dem Pfluge die vorwärts ſchreitende Bewegung auf der horizontalen bc ertheilen, dieſe der Kraft, wodurch der Pflug mit der Spitze der Sohle abwärts getrieben wird, das Gleichgewicht halten.

Hieraus kann man begreifen, wie der Gang des Pfluges mit der Größe und Richtung der Zugkraft zuſammen hängt.

Iſt die Richtung der Zugkraft mit der Landſeite des Pfluges parallel, ſo wird auch der Pflug in der Richtung dieſer Seite fortgehen; wie aber die Kraft von dieſer Richtung abweicht, ſo bekommt auch der Pflug eine Neigung

nach der Seite hin, nach welcher die Zuglinie von der Landseite abweicht. Je größer die Neigung der Zuglinie gegen den Boden bc, oder je größer der Winkel eay ist, deſto mehr wird von der Zugkraft dazu angewendet, den Pflug aus der Erde heraus zu heben. Bei dem Winkel yae iſt der Theil der Zugkraft ad, welcher zu dieſem Zwecke verwendet wird, ed; hat aber die Zugkraft die Richtung az, und die Größe af, ſo daß af = ad, ſo wird von ihr der Theil gf zum Herausheben des Pfluges verwendet, wie man aus der Zerlegung der af in ag und gd leicht erſieht.

Soll daher der Pflug tiefer gehen, ſo muß man den Winkel, den die Zugkraft mit der horizontalen macht, kleiner machen; ſoll er ſeichter gehen, ſo muß auch dieſer Winkel größer werden. Man bewirkt die Vergrößerung dieſes Winkels am leichteſten dadurch, daß man den Punct des Pflugbaumes, wo die Stränge der Zugthiere befeſtiget ſind, näher an den Pflugkörper bringt. Größere Zugthiere geben aber bei derſelben Entfernung dieſes Punctes vom Pflugkörper ſchon einen größeren Winkel als kleinere.

298.

Die Schraube wird ſelten gebraucht, um bedeutende Bewegungen hervorzubringen; ſie wird meiſtens nur zur Erzeugung eines ſtarken Druckes angewendet. Da macht man ſie aus Holz oder Metall, beſonders aus Eiſen. Wenn aber eine Schraube groß ſeyn ſoll, ſo koſtet ſie ſehr viel, falls man ſie von Eiſen macht, und leiſtet doch verhältnißmäßig wenig. Deßhalb nimmt man in einem ſolchen Falle lieber Schrauben aus Holz, verſieht ſie mit ſcharfen dreieckigen Gängen, die gegen die Baſis zu immer ſtärker werden,

um ihre Festigkeit zu vermehren, oder man gibt ihnen zwei oder drei neben einander laufende Gänge, um dadurch den Druck, welchen sonst ein Gang auszuhalten hätte, auf zwei oder drei zu vertheilen.

299.

Nicht selten verwendet man eine Schraube dazu, um eine sanfte Bewegung, deren Größe noch dazu genau bestimmt ist, hervorzubringen, wie dieses bei einigen Theilmaschinen, und bei den sogenannten Schraubenmicrometern der Fall ist. Vermög einer eigentlichen Einrichtung dienen sie auch zum Wasserheben.

Wenn alle Gänge einer Schraubenspindel gleichweit von einander entfernt sind, so schiebt sich die Schraube, so oft sie eine ganze Umdrehung vollbracht hat, um einen gleich großen Theil fort. Dasselbe geschieht auch mit der Schraubenmutter, wenn die Schraubenspindel nicht vorwärts und zurück weichen kann, und auch der Mutter keine drehende Bewegung gestattet ist. Bei derselben Einrichtung wird bei einer halben Umdrehung der Schraube nur die Hälfte des Weges zurückgelegt, und man kann leicht einsehen, daß man den Weg, den eine Schraube bei einer vollen Umdrehung vorwärts oder rückwärts macht, d. i. den Abstand zweier Schraubengänge, in so viele gleiche Theile theilen kann, als man am Umfange eines Kreises gleiche Theile anzugeben im Stande ist. Um aber zu erfahren, um den wievielten Theil des Umfanges eine Schraube gedreht worden ist, versieht man den Kopf der Schraubenspindel mit einem Zeiger, und bringt senkrecht auf sie eine Kreisplatte an, deren Umfang in eine große Anzahl gleicher Theile getheilt ist. Der

berühmte Ramsden benützte die Schraube zu seiner vortrefflichen Theilmaschine. Er ließ sie aber in die Zähne eines Rades eingreifen, so daß die ganze Vorrichtung einer Schraube ohne Ende glich.

300.

In vielen Fällen braucht man Schrauben mit so feinen Gängen, daß sich von ihnen durchaus keine gehörige Dauer erwarten läßt. Prony hat diesem Uebel durch eine äußerst sinnreiche Einrichtung der Schraube abgeholfen, bei der man dicke und sehr feste Gewinde anbringen, und dabei doch eine Bewegung erhalten kann, wie sie nur Schrauben mit ungemein feinen Gewinden zu gestatten pflegen. Diese Einrichtung besteht in Folgenden: Die Schraubenspindel AB (Fig. 141) bekömmt drei Schrauben A, B, C, wovon A und B Gänge von einerlei Größe erhalten. Die Gänge von C sind aber um etwas größer oder kleiner, als die von A und B. Die zu A und B gehörigen Schraubenmütter sind fest, die von C läßt sich vorwärts und rückwärts bewegen, und dadurch längst der Schraube C hinschieben. Dreht man nun die Spindel, so bewegt sich die Mutter von C so, als gehörte sie zu einer Schraube, deren Gänge so groß sind, als der Unterschied zwischen den Gängen von A und C. Beträgt z. B. der Abstand zweier Schraubengänge, wie sie A enthält, $\frac{1}{2}$ Linie, der Abstand zweier Gänge von C nur $\frac{2}{5}$ Linien, so schiebt sich die Mutter von C bei jeder vollen Umdrehung um

$$\frac{1}{2} - \frac{2}{5} = \frac{5-4}{10} = \frac{1}{10} \text{ Linie fort.}$$

301.

Ein Cylinder, um den eine Röhre so gewunden ist, daß sie Schraubengänge bildet, heißt eine Wasserschraube,

und zwar eine archimediſche, weil man dem berühmten Archimedes ihre Erfindung zuſchreibt. Man kann eine Waſſerſchraube auch dadurch zu Stande bringen, daß man nach einer Schraubenlinie Vertiefungen in den Cylinder einſchneidet, Bretchen darein ſo einpfalzt, daß ſie auf der Axe des Cylinders ſenkrecht ſtehen. Schließen dieſe Bretchen ſeitwärts dicht an einander, und werden ſie in gleicher Entfernung von der Axe abgeſchnitten, ſo bilden ſie eine Schnecke, die man dann in einen hohlen Cylinder, ſogenannten Mantel ſtecken, und auch daran befeſtigen kann. Dreht ſich der Mantel ſammt der Spindel um die gemeinſchaftliche Axe, ſo heißt die Vorrichtung Tonnenmühle, dreht ſich aber die Schnecke ohne den Mantel, ſo nennt man ſie eine Waſſerſchraube.

302.

Um ſich von der Wirkung dieſer Maſchine einen Begriff machen zu können, denke man ſich die Spindel vertical, und mit dem unteren Theile in Waſſer geſtellt. Wird ſie in dieſer Stellung um ihre Axe gedreht, ſo ſteht immer ein halber Schraubengang eines Gewindes im Waſſer, während die andere Hälfte desſelben herausragt; ſteht aber die Spindel ſchief, ſo ſteigt die eine Häfte des Ganges mehr als bei der vorigen Stellung, und zwar deſto mehr, je kleiner der Winkel iſt, den die Spindel mit der Horizontalebene macht. Neigt man nun die Spindel ſo ſtark, daß die eine Hälfte der Schraube nicht mehr ſteigt, ſondern gar fällt, ſo kann das Waſſer, in welches die untere Oeffnung der Schraube beim Drehen eingreift, immer von einem Schraubengange in den anderen fallen, dadurch bis zum Ende der Schraube gelangen, und daſelbſt ausfließen. Weil der ſteigende Theil der Schrau-

be immer nur klein bleibt, ſo geſchieht bei jeder vollen Drehung nur ein Guß. Man kann aber der Spindel zwei oder drei parallele Gänge geben, und dadurch die Waſſermenge bei jeder Drehung auf das Zwei- oder Dreifache erhöhen, nur muß einem dann eine hinlängliche Kraft zum Drehen der Schraube zu Gebote ſtehen.

303.

Damit eine Waſſerſchraube den größtmöglichen Effect gebe, muß ſie gegen den Horizont unter einem Winkel von 60 — 72 Graden geneigt ſeyn, während die Neigung der Schraubenlinie gegen einen Querſchnitt der Spindel, der auf ihre Axe ſenkrecht ſteht, 12 — 15 Grade beträgt.

Fünfter Abschnitt.

Von Mitteltheilen der Maschinen.

304.

Es gibt wenige Maschinen, an denen der Theil, auf welchen die bewegende Kraft unmittelbar einwirkt, diejenige Richtung, Geschwindigkeit und Art der Bewegung hat, welche der Zweck der Maschine fordert, oder bei welcher der Nutzeffect der Maschine am größten wird. Es müssen deßhalb recht oft solche Theile an Maschinen angebracht werden, welche die Bewegung zweckmäßig modificiren, und diese heißt man Mitteltheile. Sie zerfallen in zwei Classen. Einige dienen dazu, eine Bewegung mit veränderter oder mit unveränderter Richtung fortzupflanzen, die andern aber um eine Bewegung zu reguliren.

Erstes Kapitel.

Mitteltheile, um eine Bewegung unter veränderter oder unveränderter Richtung fortzupflanzen.

305.

Bei allen zusammengesetzten Maschinen müssen Theile vorhanden seyn, durch welche die Bewegung der ersten Be-

ſtandmaſchine, an welche nämlich die Kraft unmittelbar wirkt, zur letzten, an welcher die Laſt angebracht iſt, fortgepflanzt wird. Dieſe Theile haben oft auch noch die beſondere Beſtimmung, die Richtung der Bewegung dahin abzuändern, daß ſie dem Zwecke entſpricht, der durch die Maſchine erreicht werden ſoll. So muß z. B. bei unſeren Mahlmühlen, die durch Waſſer bewegt werden, ein Rad, das in einer verticalen Ebene umlauft, den Mühlſtein in einer horizontalen Ebene drehen; nicht ſelten muß ein Waſſerrad, das eine ſtete drehende Bewegung nach einerlei Richtung hat, eine geradlinige auf- und abwärts gehende hervorbringen.

306.

Die vorzüglichſten Mittel, welche zu dem genannten zweifachen Zwecke dienen, ſind: 1. gezähnte Räder und Rahmen, 2. Kurbeln und Kurbelſtangen, 3. krummlinige ſchiefe Flächen, 4. Stricke und Ketten, 5. Waſſerſäulen.

Gezähnte Räder und Rahmen.

307.

Es iſt eine wohl bekannte Sache, daß unter den Fortpflanzungsmitteln der Bewegung die gezähnten Räder eine ſehr große Rolle ſpielen; ſie ſind aber ſchon im vorigen Abſchnitte unterſucht worden, und es bleibt nur das von ihnen zu erinnern übrig, was ſich auf ſie als ſolche Fortpflanzungsmittel, bezieht.

Sternräder, welche in einander eingreifen, pflanzen ſtets eine Bewegung in derſelben Ebene fort, und ändern bloß die Richtung derſelben in dieſer Ebene in ſo weit, daß ein Rad

ſich links dreht, wenn das andere nächſt vorhergehende rechts umlauft.

308.

Will man mittelſt Räder eine Bewegung unter einem rechten Winkel fortpflanzen, ſo muß man ein Kammrad in einen Trilling eingreifen laſſen. Denſelben Zweck erreicht man auch durch zwei coniſche Räder, die Fig. 142 darſtellt, und man hat dabei noch den Vortheil, daß man dieſe Räder etwas kleiner machen kann, als ein Kammrad und einen Trilling.

309.

Auch durch ein Sternrad und eine Schraube läßt ſich die Richtung einer Bewegung unter einem rechten Winkel fortpflanzen. Greift nämlich die Schraube B (Fig. 98) in die Zähne des Sternrades A ein, ſo bewegt ſich das Rad immer in einer Ebene, welche mit derjenigen parallel iſt, in welcher die Axe der Schraube liegt. Man muß ſich aber bei dieſer Vorrichtung auf eine ſtarke Reibung gefaßt machen, und ſie daher nur da anwenden, wo man mit der bewegenden Kraft nicht gar zu haushälteriſch ſeyn muß. Für ſachte Bewegungen läßt man gar die Zähne am Rade weg, und ſchneidet in eine halbkreisförmige Vertiefung am Umfange des Rades feine Schraubengänge ein, wie Fig. 143 zeigt.

310.

Soll eine Bewegung unter einem ſpitzigen Winkel fortgepflanzt werden, ſo nimmt man zu coniſchen Rädern ſeine Zuflucht, und ſtellt ſie ſo zuſammen, daß ihre Axen den Winkel bilden, unter dem die Bewegung fortgepflanzt werden ſoll. Es müſſen aber die Zähne dieſer Räder unter der gehörigen Neigung gegen die Ebene des Kranzes oder gegen die

Axe eingeschnitten werden. Um diese Neigung zu finden, dient folgendes Verfahren:

Es sey AB (Fig. 144) die Axe des ersten, CD die Axe des zweiten Rades, mithin AHD der Winkel, unter welchem die Bewegung ihre Richtung ändern soll. Man ziehe nach Belieben FE mit CD, KI mit AB parallel, jedoch so, daß sich die Entfernung der KI von AB zur Entfernung der FE von CD so verhält, wie die Anzahl der Zähne des ersten Rades zur Anzahl der Zähne des zweiten, oder was dasselbe ist, wie die Anzahl der Umdrehungen des zweiten Rades zur Anzahl der Umdrehungen des ersten während derselben Zeit. Zieht man nun durch die Puncte H und G, wo die Axen AB und CD, und die mit ihnen parallelen EF und KI sich schneiden, die gerade Linie HG; so bezeichnet diese die Richtung der Zähne gegen die Axen AB und CD.

311.

Um eine drehende Bewegung in eine geradlinige, abwechselnd hin und her gehende zu verwandeln, dazu hat man verschiedene gezähnte Vorrichtungen. Die einfachste ist gewiß die, wo ein Sternrad oder ein Trilling in eine gezähnte Stange eingreift, wie an Fig. 145 zu sehen ist. Hat das Rad nur an der Hälfte seines Umfanges Zähne, so wird dadurch die gezähnte Stange auch nur nach einer Richtung bewegt; wird sie nach der entgegengesetzten Richtung durch ein Gewicht getrieben, so erfolgt die Bewegung abwechselnd auf- und abwärts. Hebt das Rad die Stange, wie Fig. 145 zeigt, so fällt sie schon durch ihr eigenes Gewicht, sobald der zahnlose Theil des Rades gegen sie gekehrt ist; wird sie aber durch das Rad abwärts gezogen, so kann sie zum Steigen gebracht wer-

den, wenn man ihr ein Gewicht anhängt, das mittelst einer Schnur über eine feste Rolle geführt wird. Fig. 146 zeigt diese Vorrichtung. Da ist A das Rad, B die gezähnte Stange, C die Rolle, D das Gewicht, welches mittelst des Strickes E an B hängt.

312.

Eine sehr sinnreiche Vorrichtung, wodurch man durch eine drehende Bewegung eine andere abwechselnd nach entgegen gesetzten Seiten ziehende hervorbringt, ist Fig. 147 angedeutet. A und a sind zwei gezähnte Räder, die an einer gemeinschaftlichen Axe stecken, BC und bc zwei gezähnte Sectoren, deren Halbmesser in demselben Verhältnisse stehen, wie die der Räder, in welche sie eingreifen. Jeder dieser Sectoren hat eine Verlängerung, die gleichsam einen Backen einer Zange vorstellt. So wie A und a gedreht werden, nähern sich diese Verlängerungen einander und entfernen sich abwechselnd. Man kann bei Scherenwerken von dieser Vorrichtung Gebrauch machen.

313.

Die Vorrichtungen Fig. 145 und 146 haben den großen Fehler, daß bei ihnen die Bewegung nicht ohne großes Stoßen und Poltern vor sich geht. Man wendet sie deßhalb nicht häufig an, sondern zieht ihnen diejenige vor, wo das halbgezähnte Rad A (Fig 148) in einen Rahmen BC gestellt wird, der an beiden Seiten inwendig mit Zähnen versehen ist. Bei dieser Einrichtung geht der Rahmen und alles, was mit ihm in Verbindung ist, abwärts, wenn die ihm zugekehrten Zähne dahin gehen, und steigt wieder, wenn die aufsteigenden Zähne in die andere Seite des Rahmen ein-

greifen. Da geht der Wechsel der Bewegung ziemlich leicht vor sich, besonders, wenn man dem Rahmen auf jeder Seite so viele Zähne gibt, daß das Rad alsogleich in einen Zahn der gezähnten Stange eingreift, wenn der letzte Zahn der gegenüber stehenden Stange ausgelöset worden ist.

314.

Manchmahl zieht man dem gezähnten Rahmen eine andere Vorrichtung vor, die Fig. 149 vorstellt. Da ist A eine gezähnte Stange, B und C zwei Trillinge an derselben Welle, D und E zwei Räder mit halbgezähnten Kränzen, doch so, daß die ungezähnte Hälfte des einen der gezähnten des andern entspricht. So wie die Welle der Räder D und E umlauft, dreht sich die Welle der Trillinge bald nach dieser, bald nach der entgegengesetzten Seite, und ertheilt der Stange A eine geradlinige hin- und hergehende Bewegung.

Kurbeln und Kurbelstangen.

315.

Die Kurbeln gehören zu den Wellrädern, und gewähren schon den Vortheil, den jede einfache Maschine überhaupt darbiethet; sie sind aber auch als Fortpflanzungsmittel der Bewegung von großer Anwendbarkeit, besonders, wenn es sich darum handelt, eine drehende Bewegung in eine abwechselnd hin- und hergehende zu verwandeln.

316.

Die Fig. 150 stellt eine einfache Kurbel vor. Steckt eine solche Kurbel an einem Rade, das sich umdreht, so braucht man nur eine bewegliche Stange daran anzubringen, um sie durch die drehende Bewegung des Rades hin- und her zu

bewegen. Bei unseren Sägemühlen wendet man die Kurbel auf diese Art an, weil es sich da darum handelt, mittelst eines Rades die Säge auf und ab zu bewegen.

317.

Sollen durch ein Rad zwei oder drei Stangen hin und her bewegt werden, so wendet man zweifache und dreifache Kurbeln an. Erstere lernt man aus Fig. 151, letztere aus Fig. 152 kennen. Es liegen aber nicht alle Knie einer solchen Kurbel in einer und derselben Ebene; sondern sie sind meistens gegen einander geneigt, und sehen im Durchschnitte aus, wie Fig. 153 zeigt. Man thut dieses deßhalb, um das Moment der Kraft so gleich als möglich zu machen; denn es ist bekannt, daß das Moment einer beständigen Kraft an einer Kurbel sehr veränderlich ist, weil die senkrechte Linie von der Axe auf die Richtung der Kurbelstange bald größer bald kleiner wird, ja sogar während jeder Umdrehung einmahl = 0, einmahl gleich dem Halbmesser des Kurbelkreises ist. Wollte man allen Kurbeln dieselbe Lage geben, so würden die Momente der Kräfte an allen zu gleicher Zeit am größten und zu gleicher Zeit am kleinsten; gibt man ihnen aber eine Neigung gegen einander, so kann das Moment der Kraft an einer Kurbel wachsen, an der anderen abnehmen, und so bleibt im Durchschnitte die Summe der Momente der Kräfte an allen Kurbeln fast beständig.

318.

Oft ereignet sich der Umstand, daß man an irgend einem Orte eine abwechselnd hin und hergehende Bewegung braucht, und daselbst keine bewegende Kraft hat, durch welche sie ohne großen Aufwand hervorgebracht werden könnte. Hat man

in einiger Entfernung von diesem Orte fließendes Wasser, das im Stande ist, ein Rad zu treiben, so läßt sich die Kraft des Wassers mittelst einer an das Wasserrad angebrachten Kurbel zweckmäßig brauchen, wenn man nur ein Mittel kennt, die Bewegung der Kurbel bis zum gehörigen Orte fortzupflanzen. Ein solches Mittel sind die sogenannten Feldgestänge. Fig. 154 stellt eines vor, das Kolbenstangen von Wasserpumpen bewegt. A ist das Wasserrad, a die Kurbel an seiner Axe, BC eine um C bewegliche an die Kurbel angesteckte Stange, DEFGHIKC ein viereckiger hölzerner Rahmen, der sich um die Puncte D, E, F, G, H, I, K, C verschieben läßt, und sich dabei um die Axen b, c, d, e, dreht, welche auf einem festen Gestelle liegen. LM ist eine Stange, an deren Enden die Kolbenstangen für die Pumpen eingesetzt sind, und die sich beim Verschieben des Rahmens ebenfalls um ihre Axe e bewegt. So wie sich das Wasserrad A dreht, schiebt sich mittelst der Stange BC der ganze Rahmen hin, und wieder zurück, die Stange LM steigt und fällt abwechselnd, und bewegt so die Kolbenstangen.

Diese Vorrichtung hat ihren Namen daher, weil sie oft über Felder und Wiesen weit fort geführt wird, um zum Wasserrade zu gelangen.

319.

Die Kurbel hat der berühmte Watt bei seinen Dampfmaschinen durch zwei Räder ersetzt, die auf eine sehr sinnreiche Weise mit einander verbunden sind, und bessere Dienste leisten, als eine Kurbel. Die ganze Vorrichtung wird durch Fig. 155 vorgestellt. A ist eine Stange, welche durch den Balancier mit der Kolbenstange der Dampfmaschine in Verbindung

ſteht, und durch ſie auf und ab bewegt wird. Am unteren Ende von A iſt das Zahnrad B ſo angemacht, daß es ſich nicht um ſeine Axe bewegen kann. Die Einrichtung dieſes Rades ſieht man erſt deutlich, wenn man es von der auf die Axe ſenkrechten Seite betrachtet. Da hat es das Anſehen, als beſtünde es aus drei Scheiben, wovon die zwei äußeren einen kleineren Durchmeſſer haben als die mittlere, die auch zahnlos iſt, während die zwei äußeren gleiche Zähne haben. Das Rad C iſt dem Rade B ganz gleich, mit Ausnahme des mittleren Theiles, der einen kleineren Durchmeſſer hat als die äußeren Theile, und gleichſam eine Rinne bildet, in welche der Vorſprung des Rades A paßt. Mit B hat ein Schwungrad D einerlei Axe. So wie nun A bewegt wird, entſteht durch den Druck der Zähne des Rades B auf die von C eine Bewegung des letzteren, und mithin auch ein Drehen des Schwungrades.

Krummeſchiefe Flächen.

320.

Wenn man eine elliptiſche Scheibe A (Fig. 156) an eine Axe befeſtiget, die auf einer feſten Unterlage ruht, und auf ihrem Umfange einen Hebelarm BC aufliegen läßt, der ſich um eine feſte Axe bewegen kann, welche in was immer für einer Entfernung von der Scheibe angebracht iſt, ſo muß dieſer Hebelarm abwechſelnd ſteigen und fallen, wenn man die Scheibe dreht. Der Spielraum desjenigen Punctes am Hebel, der an die Scheibe anliegt, wird ſo groß ſeyn, als der Unterſchied zwiſchen ihrer größeren und kleineren Axe beträgt; denn wenn die kleinere Axe vertical ſteht, ſo liegt der

Punct B des Hebels auf der Scheibe; wird sie um so viel gedreht, daß die größere Axe in die verticale Lage kommt, wie die Scheibe in der Figur zeigt, so ist B nach B′ gekommen, und daher um das Stück BB′ gestiegen, welches dem Unterschiede der zwei Axen gleich ist.

321.

Diese Scheibe A wirkt gerade so, wie eine schiefe Ebene, deren Höhe dem Unterschiede der größeren und kleineren Axe gleich ist; denn es ist klar, daß der Hebelarm BA genau so hoch wie vorhin gehoben würde, wenn man eine schiefe Ebene von der angezeigten Höhe darunter, und gegen seine Axe hinschieben würde; man müßte aber diese Ebene wieder zurückziehen, wenn man den Hebel sinken machen wollte, und daher auf den Vortheil Verzicht leisten, den die Umwandlung einer drehenden Bewegung in eine auf- und abwärts gehende gewährt.

322.

Steckt man an eine Axe mehrere elliptische Scheiben an, um mehrere Hebel bei einer Umdrehung heben und senken zu können, so muß man sie so an die gemeinschaftliche Welle anbringen, daß ihre großen Axen gleiche Winkel mit einander machen, oder den Umfang eines Querschnittes der Welle in gleiche Theile theilen. Dieses geschieht darum, damit die Summe der Momente aller Kräfte an den Scheiben möglichst beständig bleibe, eine Eigenschaft, die zu einem gleichförmigen Gange einer Maschine immer nothwendig ist.

Wollte man z. B. drei solche Scheiben anbringen, und daher drei Hebel in Bewegung setzen, so müßten ihre größeren Axen einen Winkel von $\frac{360°}{3}=120°$ mit einander machen.

323.

Bei einer einfachen elliptiſchen Scheibe wird während jeder Umdrehung ein zweimahliges Steigen und Fallen bewirkt. Will man dieſes bei einer einzigen Umdrehung öfters wiederhohlt haben, ſo wählt man ſtatt einer Scheibe ein Rad mit wellenförmigen Ausſchnitten, wie Fig. 157 zeigt. Wird ein Hebel durch ein Gegengewicht beſtändig an den Umfang des Kranzes dieſes Rades angedrückt, ſo ſteigt und ſinkt er bei jeder Umdrehung ſo oft, als am Umfange des Rades wellenförmige Vertiefungen und Erhöhungen vorhanden ſind.

324.

Wenn man bei der Anwendung elliptiſcher Scheiben nicht bloß den Zweck erreichen will, daß ein Körper überhaupt ſteigt und ſinkt, ſondern auch, daß er bei einer gleichförmigen Umdrehung der Scheibe gleichförmig gehoben und geſenkt wird; ſo muß die Krümmung der Scheibe nach einer beſtimmten Regel eingerichtet ſeyn, weil offenbar die Geſchwindigkeit des Steigens und Fallens nicht bloß von der Geſchwindigkeit der Scheibe, ſondern auch von ihrer Krümmung abhängt.

325.

Wenn ein Körper von A bis B (Fig. 158) gleichförmig ſteigen ſoll, während die Welle, an welcher die Scheibe ſteckt, den Viertelkreis AD beſchreibt, ſo findet man die nöthige Krümmung der Scheibe auf folgende Weiſe: Man theile AB in eine beliebige, übrigens doch ziemlich große Anzahl gleicher Theile AE, EF, FG ꝛc., in eben ſo viele gleiche Stücke theile man auch den Quadranten AD. Sind H, I, K ꝛc. die Theilungspuncte, ſo ziehe man vom Mittelpuncte der Welle oder der zu beſtimmenden Scheibe C durch die Theilungspuncte die

Linien CH, CI, CK ꝛc., verlängere ſie über den Umfang des Kreiſes hinaus, und mache dann Ce = CE, Cf = CF, Cg = CG ꝛc., verbinde die Puncte e, f, g ꝛc. mit einander, und man hat die Krümmung des vierten Theiles der Scheibe. Da nun die ganze Scheibe aus vier gleich gekrümmten Stücken beſteht, ſo iſt dadurch auch die Krümmung der ganzen Scheibe gegeben.

326.

Von der Richtigkeit dieſes Verfahrens überzeugt man ſich leicht; denn wenn A auf der Scheibe ruht, und dieſelbe gleichförmig von D nach A gedreht wird, ſo erreicht H nach Verlauf einer gewiſſen Zeit I, nach Verlauf einer doppelt ſo großen K, nach Verlauf einer dreimahl ſo großen A. Wenn aber H in A ſteht, befindet ſich der Körper in E, weil Ce = CE, und hat den Weg AE gemacht; wenn I nach A gekommen iſt, ſteigt er bis F, und iſt daher um das Stück AF = 2AE gehoben worden u. ſ. w.

327.

Soll ein Körper nicht gerade aufwärts ſteigen, ſondern einen Kreisbogen beſchreiben, wie dieſes beim Hebel AB (Fig. 156) der Fall iſt, und dabei eine gleichförmige Bewegung haben, ſo muß auch die Krümmung der Scheibe anders ausfallen, als im vorhergehenden Falle. Man findet dieſe Krümmung auf folgende Weiſe: Es ſey der Hebel AB (Fig. 159), welcher durch die Scheibe bewegt werden ſoll, in einer horizontalen Lage, BC der Bogen, den er beſchreiben ſoll. Man ziehe die Sehne BC, theile ſie in eine beliebige, aber doch ziemlich große Anzahl gleicher Theile BD, DE, EF ꝛc., ziehe aus den Theilpuncten D, E, F ꝛc., die horizontalen Linien DG, EH,

FI ꝛc.; ferner aus dem Mittelpuncte K des Kreiſes, den AB berührt, (welcher Mittelpunct auch zugleich in der Axe der Welle liegt, an welcher die Scheibe ſteckt) die geraden Linien KG, KH, KI ꝛc. Nun ziehe man den Durchmeſſer des genannten Kreiſes BL, theile den halben Kreisumfang in ſo viele gleiche Theile Bd, de, ef ꝛc., als deren in CB angenommen wurden, nehme mit einem Zirkel die Größe der Sehne Bm, übertrage ſie von d nach M, eben ſo übertrage man Bn von e nach N, Bo von f nach O u. ſ. w., ziehe durch den Mittelpunct des Kreiſes K, und durch die Puncte M, N, O ꝛc. die Linien KM, KN, KO ꝛc., mache KP = KG, KQ = KH, KR = KI ꝛc und verzeichne hierauf die krumme Linie BPQRS. Durch dieſe Krümmung wird der Hebel gehoben. Um die andere Krümmung zu finden, durch welche er denſelben Bogen abwärts beſchreibt, den er vermög der erſteren aufwärts zurücklegt, verfährt man auf dieſelbe Weiſe wie vorhin: Man theilt ſich wieder die Sehne BC in eine beliebige Anzahl gleicher Theile, zieht durch die Theilpuncte die horizontalen Linien auf den Bogen, theilt hierauf den Halbkreis BabcL in eben ſo viele Theile, wie die Sehne BC, überträgt Bm von a nach a′, Bn von b nach b′, Bo von C nach c′ ꝛc., zieht Ka′, Kb′, Kc′, ꝛc. macht KT = KG, KU = KH ꝛc., und verzeichnet ſo die Krümmung BTUS.

Dieſer Theil der Krümmung wird weniger als einen Halbkreis einnehmen, aber dafür minder gewölbt ſeyn, und deßhalb doch dasſelbe beim Sinken des Hebels AB leiſten, was der mehr gekrümmte und größere Theil BRS beim Steigen desſelben thut. Die ganze Scheibe bekommt ein herzförmiges Ausſehen.

328.

Von der Zweckmäßigkeit dieſes Verfahrens überzeugt man ſich durch folgende Betrachtung: Wenn durch das Drehen der Welle, an welcher die Scheibe ſteckt, M nach B kommt, ſo iſt d in m; mithin hat der Punct B des Hebels den Bogen BG beſchrieben. Kommt N nach B, ſo befindet ſich e in n, und derſelbe Punct des Hebels iſt um das Stück des Bogens BH geſtiegen; es beträgt alſo der Bogen, um den der Hebel geſtiegen iſt, im zweiten Falle doppelt ſo viel als im erſten, und der Winkel, um den die Welle gedreht worden, iſt auch im zweiten Falle doppelt ſo groß als im erſten.

329.

Zu der Claſſe der krummen ſchiefen Flächen gehören auch die Däumlinge, welche man am Umfange einer Welle einſetzt, um bei Stampfwerken, Walkmühlen oder Hammerwerken die Stämpfer oder Hämmer in Bewegung zu ſetzen.

330.

Ein Stämpfer beſteht aus einem Balken, der ſich vertical oder ſchief auf- und abwärts bewegt. Um nur die vorgeſchriebene und keine andere Bewegung annehmen zu können, iſt er oben und unten in einiger Entfernung von den Enden zwiſchen Scheidelatten eingeſchloſſen, die ihm nur den zur Bewegung nöthigen Spielraum laſſen. Unten wird er manchmahl beſchuht, das heißt mit Eiſen oder Meſſing beſchlagen, je nachdem dieſes der Körper fordert, welcher zerſtampft oder zerſtoßen werden ſoll. Nach Verſchiedenheit dieſer Körper und der Beſtimmung der Maſchine geht er bald unten in eine Spitze aus, bald iſt er ganz flach, bald gar ſchief abge-

schnitten, und mit wellenförmigen Vertiefungen und Erhöhungen versehen. Man macht ihn meistens aus Weißbuchen- oder aus Ahornholz.

331.

Damit ein Stämpfer von den Däumlingen einer Welle gehoben werden kann, bekommt er einen Vorsprung unter einem rechten Winkel mit seiner Länge. Diesen heißt man Heblatte. Sie wird von dem aufsteigenden Däumling der Welle gefaßt, gehoben, und in einer gewissen Höhe wieder ausgelassen. Dabei beschreibt der Däumling einen Kreisbogen, während der Stämpfer vertical aufwärts steigt. Die Höhe dieses Bogens und der Weg des Stämpfers sind einander gleich.

332.

Je höher ein Stämpfer gehoben werden soll, desto näher an ihm muß die Heblatte von dem Däumling gefaßt werden, desto kleiner wird der Winkel seyn, den die Heblatte und der Däumling in dem Augenblicke mit einander machen, wo sie einander verlassen.

333.

Wenn der Däumling ganz gerade ist, so wirkt die Last des Stämpfers nicht während des ganzen Hubes mit demselben Momente der Kraft entgegen, sondern es wird dieses Moment immer kleiner, je mehr der Stämpfer bereits gehoben ist. Hat z. B. der Däumling AB (Fig. 160) beim Angriff eine horizontale Stellung, so ist die Last, d. i. das Gewicht des Stämpfers in der Entfernung AB von der Axe der Welle angebracht; ist er bis cd gestiegen, und der Däumling in die Lage Ab gekommen, so ist diese Entfernung viel ge-

ringer. Sie ist gleich AE, und wird gefunden, wenn man von b die verticale bE auf AB herabläßt.

334.

Diese Veränderlichkeit des Momentes der Last muß der Gleichförmigkeit der Bewegung eines Stampfwerkes sehr im Wege stehen, und die Nothwendigkeit herbeiführen, auf Mittel zu denken, wodurch dieser Ungleichheit abgeholfen wird. Um dieses zu bewirken, läßt man einen Stämpfer überhaupt nicht gar hoch steigen, gibt ihm dafür ein größeres Gewicht, um auch bei einer kleinen Fallhöhe eine große Wirkung hervorbringen zu können. Am besten hilft man aber der ganzen Schwierigkeit dadurch ab, daß man den Däumlingen eine Krümmung gibt, die so beschaffen ist, daß der Hebelarm, an dem die Hebblatte wirkt, stets gleich lang bleibt.

335.

Um diese Krümmung zu finden, verfährt man so: Es sey ab (Fig. 161) ein Querschnitt des Wellbaums, an dem die Däumlinge eingesetzt werden sollen, CA die kleinste Entfernung der Axe der Welle von der Linie AB, welche die Größe eines Hubes anzeigt. Man beschreibe aus C mit dem Halbmesser CA einen Kreis, mache Ad = AB, theile Ad in eine beliebige Anzahl gleicher Theile Ae, ef, fg, ꝛc. ziehe auf die Theilungspuncte e, f, g ꝛc. die Halbmesser ce, cf, cg ꝛc. und errichte da auf den Halbmessern die senkrechten ee′, ff′, gg′. Theilt man nun AB in eben so viele gleiche Theile Am, mn, no ꝛc. als deren in Ad angenommen wurden, und macht ee′ = Am, ff′ = An, gg′ = Ao ꝛc., zieht dann durch die Endpuncte e′ f′ g′ ꝛc. die krumme Linie A e′ f′ g′ d; so gibt diese die Krümmung an, welche der Däumling bekommen soll.

336.

Wenn man auch einem Däumling die gehörige Krümmung gibt, so behält er sie doch nicht immer bei, weil er durch die Reibung an den Heblatten abgenützt wird. Wären alle Theile eines Däumlings gleich hart, so würde dadurch seine Gestalt nicht geändert, und es brächte die Reibung keine andere Wirkung hervor, als eine Verkürzung des Däumlings, mithin eine Verminderung des Hubes des Stämpfers; allein da diese Voraussetzung nicht Statt findet, so muß auch die Krümmung des Däumlings durch die Reibung geändert werden, und dadurch dasselbe Uebel wenigstens zum Theile eintreten, welches bei geradlinigen Däumlingen in hohem Grade Statt hat. Um diesem zu begegnen, beschlägt man die Däumlinge am oberen Theile ihrer Krümmung mit Eisen. Einen ähnlichen Beschlag von Messing oder Kupfer bringt man auch an der unteren Seite der Heblatten an, weil auch diese sonst durch die wiederhohlten Angriffe der Däumlinge abgenützt, und deßhalb von den Däumlingen später ergriffen, und früher wieder ausgelassen werden.

337.

Außer der nicht unbedeutenden Reibung an den Däumlingen und Heblatten findet bei Stampfwerken auch noch eine andere weit größere, und dem Gange der Maschine nachtheiligere an den Stämpfern da Statt, wo sie von den Scheidelatten eingeschlossen sind. Rollen, die man den Stämpfern zur Seite anbringt, und die sich drehen, wenn jene steigen oder fallen, vermindern sie zwar etwas, allein sie bleibt dabei noch immer sehr bedeutend, und zwar desto größer, je länger die Heblatten sind. Durch große Verkürzung der Heb-

latten könnte man freilich dem Uebel ziemlich abhelfen, allein man würde eben dadurch die Hubhöhe und die Masse eines Stämpfers an demselben Grade vermindern, und daher der Kraft des Stoßes mehr Abbruch thun, als man ihr zu Hülfe käme. Aus diesem Grunde nimmt man zu solchen Heblatten seine Zuflucht, die mit der Welle, in welche die Däumlinge eingesetzt sind, parallel laufen, und läßt daher Däumling und Heblatte sich kreuzen, wie Fig. 162 zeigt.

Da kann man an einem Stämpfer A mehrere Löcher wie a, b, c anbringen, und die Heblatte desto höher stecken, je weniger der Hub des Stämpfers betragen darf. Da aber durch solche Löcher, die Festigkeit des Stämpfers sehr vermindert wird, so muß man die Heblatte so schwach als möglich machen, damit die Löcher nicht zu groß seyn dürfen. Man thut recht gut, wenn man die Heblatte an beiden Seiten des Stämpfers hervorstehen läßt, und den Däumling gabelförmig macht, damit er beide Latten des Stämpfers zugleich ergreift; denn da hat jedes Stück der Latten nur die halbe Last des Stämpfers zu heben, und ist daher bei einer geringen Stärke schon fest genug.

338.

Daß auch ein so eingerichteter Stämpfer oben und unten zwischen Scheidlatten gehen muß, versteht sich von selbst. Ist A (Fig. 162) ein solcher Stämpfer, BC und DE die Scheidlatten; so muß ihre Entfernung BD wenigstens 3mahl so groß seyn, als die Höhe, um welche A gehoben werden soll. Der Ort F, wo die Heblatte am Stämpfer angebracht ist, muß von DE immer um weniger abstehen, als die Hälfte von BD beträgt.

339.

Wiewohl ein Stampfwerk auf dieſe Art eingerichtet, vor einem, wie es vorhin angeführt wurde, bedeutende Vorzüge hat, ſo will man ſie doch dem nachſetzen, wo der Stämpfer A (Fig. 163) mittelſt einer Kette, die an einem Hebel BCD angebracht iſt, gehoben wird. Bringt man nämlich an dem einen Arme CD des Hebels eine um D bewegliche Stange DE an, die zwiſchen zwei Rollen a und b geht, und mit einer Heblatte verſehen iſt; ſo wird eine mit Däumlingen gehörig beſetzte Welle E beim Umdrehen die Stange DE mittelſt der Heblatte herabdrücken, und dadurch den Stämpfer A heben, hierauf aber wieder auslaſſen, ſo daß der Stämpfer fallen kann. Es muß aber der Hebel BCD in B einen Kreisbogen haben, der mit dem Halbmeſſer BC (wo C die Axe des Hebels vorſtellt) beſchrieben iſt, damit der Stämpfer ganz vertical gehoben, und nicht ſo, wie dieſes bei den zwei vorhin erwähnten Stämpfern der Fall war, an die Scheidlatten angedrückt werde. Bei dieſer Einrichtung erleidet er offenbar eine ſehr geringe Reibung an den Scheidelatten, und kann einen viel größeren Nutzeffect geben, als bei einer der vorher erwähnten.

340.

Man mag was immer für eine von den drei Einrichtungen wählen, die hier betrachtet wurden, ſo muß man doch 1. immer an einem Querſchnitte der Welle ſo viele Däumlinge einſetzen, als man während einer Umdrehung derſelben Stöße von Seite des Stämpfers, den ſie treffen, hervorbringen will. 2. Wenn mehrere Stämpfer durch dieſelbe Welle in Bewegung geſetzt werden, ſie ſo anordnen, daß

einer nach dem andern gehoben wird, und auch einer nach dem andern fällt, und zwar in gleichen Zwischenzeiten. Man bewerkstelliget dieses dadurch, daß man längst der Welle so viele Linien zieht, die mit ihrer Axe parallel laufen und gleichweit von einander abstehen, als durch die Welle Stämpfer bewegt werden sollen. In jede dieser Linien kommt ein Däumling, dessen Entfernung vom Ende der Welle natürlich so eingerichtet werden muß, daß er die Heblatte trifft.

Ketten und Stricke.

341.

Man bedient sich bei vielen Maschinen als Fortpflanzungsmittel der Bewegung der Ketten und Stricke. Letztere macht man aus Hanf oder Pferdehaaren, ersetzt sie wohl auch durch Riemen; erstere werden meistens aus Eisen verfertiget.

342.

Eine Kette muß außer der gehörigen Stärke auch noch eine hinreichende Biegsamkeit haben, und die Körper, um welche sie geschlungen wird, nicht zu sehr angreifen. Deßhalb liegt sehr viel daran, welche Gestalt man den einzelnen Gliedern gibt, und wie man sie mit einander verbindet. Die gewöhnlichsten und brauchbarsten Ketten sind in Fig. 164 abgebildet.

Die Kette a hat kreisrunde Ringe, die folgende b in die Länge gezogene; sie erleidet eine größere Spannung als a, ohne daß sich ihre Glieder verändern; c hat zweierlei Glieder, es folgt nämlich immer auf ein ovales ein Glied mit doppelter Krümmung; sie ist biegsamer, als die vorigen

zwei; d besteht aus Theilen, deren jeder der Ziffer 8 ähnlich ist; e hat da, wo sich die 8förmigen Glieder durchkreuzen, einen Ring, um jedes Weichen der Glieder möglichst zu verhindern, und sie für größere Spannungen geschickt zu machen. Die Glieder von f sind besonders für große Spannungen berechnet, noch mehr die von g. Die Form h gibt eine sehr biegsame, wenn auch gerade nicht gar starke Kette. Die einzelnen Glieder sind mittelst eiserner Stifte mit einander verbunden; bei unseren Taschen- und Stockuhren hat die Kette gewöhnlich diese Gestalt. i gibt die Glieder einer Kette, die ungemein stark ist, und in England fast überall gebraucht wird, wo große Kräfte auf eine Kette wirken.

343.

Stricke und Ketten können in manchen Fällen die Zähne der Räder vertreten. Verbindet man nämlich die beiden Enden eines Strickes oder einer Kette mit einander so, daß hieraus ein Strick oder eine Kette ohne Ende hervorgeht, legt sie an den Umfang zweier Räder so stark an, daß sie eine bedeutende Reibung am Umfange derselben erleiden, so nimmt das Rad, welches gedreht wird, den Strick oder die Kette mit sich fort, und hat zur Folge, daß die Reibung am Umfange des zweiten Rades als bewegende Kraft für dasselbe wirkt. Man bringt meistens am Umfange der Räder eine kleine Vertiefung an, damit die Stricke nicht abglitschen. Für Ketten versieht man sie auch nicht selten mit eigenen Haken und gabelförmigen Aufsätzen, die in der Richtung des Halbmessers des Rades liegen, und die Kette beim Drehen eines Rades abwechselnd fassen und wieder auslassen.

344.

Ketten braucht man nur ein für allemahl am Umfange der Räder feſt anzuſpannen, ſie verharren dann ſchon in dieſer Spannung, wenn ſie nur feſt genug ſind, die Glieder ſich nicht ziehen, oder wenn ſie die Räder nicht zu ſtark angreifen, und dadurch ihren Umfang verkleinern. Bei Stricken iſt dieſes nicht ſo. Dieſe erleiden beſonders durch Feuchtigkeit eine große Veränderung der Länge, und ſchließen deßhalb bald mehr bald weniger an die Räder an. Darum verſieht man Räder, deren Verbindungsmittel Stricke ſind, meiſtens mit einer eigenen Vorrichtung zum Spannen derſelben. Man richtet nämlich die Pfannen, worin die Axen dieſer Räder gehen, ſo ein, daß man ſie mittelſt eines Keils oder einer Schraube einander nähern, oder von einander entfernen kann. Nicht ſelten erſetzt man dieſe Vorrichtung dadurch, daß man ſtatt eines einzigen Rades mehrere concentriſche Räder mit verſchiedenen Halbmeſſern anwendet, wie Fig. 165 zeigt. Verkürzt ſich der Strick, ſo legt man ihn um den Umfang des kleineren, verlängert er ſich, um den des größeren Rades. Dadurch erlangt man auch noch den Vortheil, daß man die Geſchwindigkeit des Rades nach Belieben abändern kann; denn es iſt klar, daß das kleinere Rad während einer Umdrehung des größeren deſto mehrere Umläufe machen wird, je kleiner der Halbmeſſer jenes gegen den Halbmeſſer dieſes iſt.

345.

Wird ein Strick um zwei Räder ſo geſpannt, wie Fig. 166 zeigt, ſo drehen ſich beide Räder nach einerlei Richtung; kreuzen ſich aber die Stricke, wie in Fig. 167, ſo geht eines der beiden Räder von der Rechten zur Linken, während ſich

das andere von der Linken zur Rechten dreht. Bei der letzteren Verbindung der Räder wird ein größerer Theil des Radumfanges vom Stricke umfaßt, als bei der ersten, es ist daher auch die Reibung größer, und man kann eine größere Last an das eine Rad anbringen, ohne befürchten zu müssen, daß dadurch die Reibung überwunden werde, und daher der Strick über den Umfang des Rades hingleite, ohne es zu drehen.

346.

Mit Ketten und Stricken kann man auch eine drehende Bewegung in eine geradlinige verwandeln. Bei den Haspeln wickelt sich z. B. ein Strick oder eine Kette beständig um den sich drehenden Rundbaum, und zieht dadurch die Last aufwärts oder horizontal fort. Selbst ein Hebel BD, (Fig. 163), der um seine Axe C gedreht wird, und am Ende B mit einem Kreisbogen vom Halbmesser CB versehen ist, an dem sich eine Kette anlegt, wovon ein Ende daran fest gemacht ist, hebt oder senkt eine Last nach einer geraden Linie, wenn sie am anderen Ende der Kette angebracht wurde.

Wasserſäulen.

347.

Jedes von den bis hieher angegebenen Mitteln zur Fortpflanzung einer Bewegung hat seine Schwierigkeiten, wenn es sich darum handelt, diese Fortpflanzung auf eine große Entfernung zu veranstalten. Die Feldgestänge gestatten noch unter allen die größte Erweiterung, aber sie werden zu kostspielig, wenn sie weit fortgeführt werden sollen, brauchen einen großen Theil der bewegenden Kraft bloß zur

Ueberwindung der [illegible], [illegible] auch einen freien [illegible].

[illegible]

Allen diesen [illegible] Wassersäulen [illegible] schen Presse (Fig. [illegible]), [illegible] der durch die [illegible] telst Wasser [illegible] im Großen [illegible] ben verlängern, [illegible] Land, Bäume, [illegible] pflanzung der [illegible].

[illegible]

Der einzige [illegible] nicht vergessen [illegible] an den Wänden [illegible] von ihrer Weite [illegible] abhängig ist. [illegible] macht, und das [illegible] Geschwindigkeit [illegible] vieles kleiner [illegible] säulen werden [illegible] Vortheile gar nicht [illegible].

Zweites [illegible]

Mitteltheile, um eine [illegible] gulieren.

[illegible]

Wenn bei einer [illegible]

Last nicht beständig ist, oder wenn sich nicht beide nach demselben Gesetze ändern, so entstehen Unregelmäßigkeiten in der Bewegung derselben. In vielen Fällen hält man dieses gerade für keine schlechte Eigenschaft, in den meisten aber leidet dadurch der Effect der Maschine so sehr, daß man alle Mittel anwenden muß, um den Unregelmäßigkeiten der Bewegung abzuhelfen, und sie gleichförmig zu machen. Zu diesen Mitteln gehören vorzüglich: Schwungräder, Schnecken, excentrische krumme Flächen, veränderliche Gegengewichte, Windfänge und conische Pendel.

Schwungräder.

351.

Ein Schwungrad heißt ein solches Rad, welches durch seine bedeutende Größe der Bewegung eine Maschine in einem ziemlich gleichförmigen Gange erhält, wenn auch das Moment der Kraft oder der Last kleinen Veränderungen unterliegt, und welches überhaupt jeder plötzlichen Aenderung der Bewegung entgegenwirkt. Um die Wirkung eines Schwungrades deutlich einzusehen, denke man sich ein Rad, das entweder wegen seiner großen Masse, oder wegen seiner großen Geschwindigkeit eine bedeutende Größe der Bewegung hat. Nimmt die Kraft, welche dieses Rad bewegt, um etwas weniges zu, so wird dadurch die Größe der Bewegung desselben nur um wenig vermehrt, weil der neue Zuwachs entweder eine große Masse zu bewegen hat, oder weil die Zunahme der Geschwindigkeit ziemlich bedeutend seyn muß, wenn sie merklich seyn soll. Ersteres wird dann der Fall seyn, wenn das Rad eine große Masse hat, letzteres, wenn es recht schnell umlauft.

Läßt man hingegen die bewegende Kraft um etwas weniges geringer werden, ſo wird dadurch die Abnahme der Geſchwindigkeit aus denſelben Gründen faſt unmerklich werden; ja wenn die bewegende Kraft ganz zu wirken aufhörte, ſo würde doch die Bewegung des Rades deſto längere Zeit fortdauern, je bedeutender die Größe der Bewegung desſelben iſt; finge die bewegende Kraft nach Verlauf einer kurzen Zeit von Neuem zu wirken an, ſo würde die durch ihre unterbrochene Wirkſamkeit entſtandene Aenderung der Bewegung, deſto weniger in die Augen ſpringen, je namhafter des Rades Bewegungsgröße iſt. Hieraus kann man auch ſehen, daß ein Schwungrad die bewegende Kraft einer Maſchine nicht unterſtützt, ſondern ſie ſogar um denjenigen Theil vermindert, der zur Bewegung des Schwungrades ohne die Maſchine verwendet wird, weil es ſelbſt als träge Maſſe durch dieſelbe Kraft bewegt werden muß.

Ein Schwungrad bringt daher nur ſo viel Nutzen, als aus der größeren Gleichförmigkeit des Ganges einer Maſchine überhaupt entſpringt, insbeſondere aber den, daß nicht ſo viel Kraft durch das ſtoßweiſe erfolgende Wirken und durch plötzliche Aenderung der Bewegung verloren geht.

352.

Aus dem Vorhergehenden wird man erkennen, daß die Anwendung eines Schwungrades nur da von Nutzen ſeyn kann, wo man durch den gleichförmigeren Gang der Maſchine Vortheil zu erreichen hoffen kann, und daß man kein Schwungrad größer machen ſoll, als es gerade nothwendig iſt, um den genannten Gang hervorzubringen; denn ſonſt beeinträchtiget man die bewegende Kraft ohne Zweck und Nutzen.

353.

Bei Rädermaschinen ist jedes Rad für sich schon ein Schwungrad, und kann kleinen Unregelmäßigkeiten der Bewegung desto mehr steuern, je größer und je massiver es ist. Man würde unzweckmäßig verfahren, wenn man an solchen Maschinen noch insbesondere ein Schwungrad anbringen wollte.

354.

Da Schwungräder nur durch ihre Größe der Bewegung wirken, und diese von ihrer Masse und von ihrer Geschwindigkeit abhängt, so ist es begreiflich, daß ein kleines Rad im schnellen Laufe dasselbe bewirken kann, was ein größeres bei einer langsameren Bewegung ausrichtet. Wo es einem frei steht, einem Schwungrade durch einen oder den anderen dieser beiden Puncte die nöthige Wirksamkeit zu geben, da zieht man immer kleinere und schneller laufende Räder den größeren und langsamer gehenden vor, weil große Räder wegen ihrem größeren Gewichte auch eine größere Reibung verursachen. Man sucht auch immer die Masse eines Schwungrades so viel als möglich gegen seinen Umfang zu concentriren, weil die Theile eines Rades eine desto größere Geschwindigkeit haben, je weiter sie von der Axe entfernt sind, und daher in demselben Verhältnisse mehr ausgeben. Hat daher eine Maschine Bestandtheile, die sich mit verschiedenen Geschwindigkeiten drehen, so gibt man immer das Schwungrad an diejenige Welle, die am schnellsten umlauft. Uebrigens sorgt man auch dafür, daß das Schwungrad, welches der unregelmäßigen oder veränderlichen Wirkung der bewegenden Kraft abhelfen soll, immer so nahe als möglich an

dem Angriffspuncte der Kraft angebracht werde, während man es dem Angriffspuncte der Last möglichst nähert, wenn man die ungleiche Wirksamkeit der Last dadurch unschädlich machen will.

355.

Bei mechanischen Vorrichtungen, wo die Last eine geraume Zeit hindurch beständig ab- oder zunimmt, wird man mittelst eines Schwungrades die Bewegung keineswegs gleichförmig machen können; da muß man zu Schnecken, zu excentrischen Scheiben oder veränderlichen Gegengewichten seine Zuflucht nehmen.

Schnecken.

356.

Schnecken werden vorzüglich angewendet, wenn die bewegende Kraft eine elastische Feder ist, wie bei unseren Taschenuhren. Da diese Federn eine desto stärkere Kraft äußern, je mehr sie zusammengewickelt werden, mithin beim Entwickeln immer weniger an einer Last ziehen, je mehr sie sich ihrer natürlichen Gestalt nähern; so müßte die Bewegung, die sie hervorbringen, großen Abweichungen von der Gleichförmigkeit unterliegen. Fordert der Zweck einer Maschine eine ganz gleichförmige Bewegung, so muß man das Moment der Kraft der Feder beständig zu machen suchen. Dieses geht am leichtesten dadurch an, daß man dem Angriffspuncte der Kraft die geringste Entfernung von der Axe gibt, wenn die Feder ganz gespannt ist, und diese Entfernung von der Axe stetig zunehmen läßt, so wie die bewegende Kraft geringer wird, oder so wie die Feder sich entwickelt.

Eine ſolche Welle mit ſtetig wachſenden Halbmeſſern iſt die Schnecke, welche in A (Fig. 124) abgebildet iſt.

Excentriſche Scheiben.

357.

Auf ähnliche Weiſe, wie die Schnecken, wirkt auch eine excentriſche Scheibe; ſie vermehrt nämlich ſo wie jene den Hebelarm, an dem eine Kraft mittelſt einer Kette oder eines Strickes wirkt, und hilft dadurch der unregelmäßigen Bewegung einer Maſchine ab.

358.

Solche Scheiben leiſten vorzüglich gute Dienſte, wo man aus ſehr tiefen Gruben Erze oder andere Stoffe, die der Fleiß des Bergmannes liefert, zu Tage fördern will. Da zieht man ſie mittelſt Ketten oder Stricken, die ſich um eine Welle winden, in eigenen Kübeln herauf, und richtet die Sache ſo ein, daß immer ein ſolcher Kübel voll herauf gezogen wird, während ein anderer leer hinabgeht, mithin daß ſich eine Kette auf die andere abwickelt. Iſt der Schacht ſehr tief, ſo wiegt oft das Kettenſtück, welches vom Wellbaume bis auf den Boden reicht, mehr als die gehobene Laſt ſammt dem leeren Kübel. Im Anfange der Bewegung hat natürlich der volle Kübel das Uebergewicht, und die bewegende Kraft muß dahin wirken, daß ſich die Kette mit dem vollen Kübel aufwickle. Da ſich aber dabei das andere Kettenſtück beſtändig mehr abwickelt, ſo muß der Zug nach der entgegengeſetzten Seite beſtändig wachſen, und endlich dem Zuge des vollen Kübels nach abwärts gleich und entgegengeſetzt ſeyn. Wie nun die Laſt noch mehr gehoben wird, ſo daß

die Kette am leeren Kübel das Uebergewicht bekommt, so wird die Welle unmäßig beschleunigt, und der Maschine beträchtlicher Schaden zugefügt. Ehemahls half man diesem Uebel dadurch ab, daß man eine dünne Kette zugleich mit am vollen Kübel sich aufwickeln ließ, an deren unterem Ende ein recht massives Kettenstück hing. So lange beide Ketten mit den Kübeln noch nicht ins Gleichgewicht gekommen waren, lag die schwere Kette unten am Boden auf, sobald aber auf die Seite des leeren Kübels das Uebergewicht fiel, hob sich die schwere Kette, und benahm so dem leeren Kübel das Uebergewicht. Allein dadurch brachte man nie eine völlige Ausgleichung der Kräfte zu Stande, weil das Gewicht der kleineren Hülfskette, das doch bei tiefen Gruben immer ziemlich beträchtlich ist, gar nicht mit in die Rechnung kam.

359.

Zweckmäßiger hilft man diesem Uebel durch eine excentrische Scheibe ab. Eine solche Scheibe, wie sie der Engländer Featherstonhaugt zuerst angegeben hat, wird in Fig. 168 vorgestellt. A ist die Welle, welche durch irgend eine Kraft mittelst einer Kurbel umgedreht wird, b und c sind die Stricke, die nach entgegengesetzten Richtungen um A gewickelt sind. An der Axe der Welle befindet sich ein Getriebe, das in ein Rad B eingreift. Die Anzahl der Zähne des Rades und des Getriebes ist so ausgemittelt, daß sich das Rad B einmahl umdreht, während die Last vom untersten Puncte bis zum höchsten gehoben, und wieder dahin zurück geschickt wird. An der Axe befindet sich die excentrische Scheibe CD, welche am Umfange eine Rinne hat, um einen Strick oder eine Kette cd aufnehmen zu können, die über die Rolle E

ren, leisten dasselbe für den Gang der Räder des Gehwerkes, und wirken überhaupt dahin, die Bewegung desselben möglichst gleichförmig zu machen.

Conische Pendel.

363.

Ein anderes Mittel, wodurch die Geschwindigkeit einer Bewegung gehemmt wird, und welches man vorzüglich bei Dampfmaschinen anwendet, ist das conische Pendel, welches Fig. 170 vorstellt. AB ist eine verticale Stange, AC und AD zwei andere kürzere Stangen, welche sich in A um eine horizontale Axe drehen, und sich dadurch mehr oder weniger von AB entfernen können. In C und D haben sie kugelförmige Massen.

So wie sich die Stange AB um ihre Axe dreht, entfernen sich die Körper C und D desto mehr von ihr, und AC und AD machen mit ihr einen desto größeren Winkel, je schneller sich AB dreht, je größer die Massen C und D sind, und je mehr sie sich schon von AB entfernt haben.

364.

Der Grund dieser Erscheinung liegt in dem Bestreben der Körper nach einer geraden Linie vermög ihrer Trägheit fortzugehen, nach der sie von der bewegenden Kraft im ersten Augenblicke getrieben werden. Ist nun ein Körper gezwungen, sich in einer krummen Linie zu bewegen, so entsteht hieraus ein Bestreben nach einer Richtung sich von ihr zu entfernen, die auf der Berührungslinie des Punctes, wo er sich befindet, senkrecht steht. Man nennt dieses Bestreben Fliehkraft, und überzeugt sich von dem Vorhandenseyn derselben ohne mathematische Untersuchungen aus unzähligen Erscheinun-

gen. Schwingt man z. B. einen Stein, der an einem Faden hängt, im Kreiſe herum, ſo wird der Faden auch dann geſpannt, wenn der Stein den oberſten Punct einnimmt, ganz gegen den Zug der Schwere, ja er kann ſogar den Faden nach aufwärts zerreißen. Eben ſo werden Körper, die man auf ein horizontales, ſchnell bewegtes Rad legt, von demſelben weggeſchleudert; ja ſelbſt die Theile eines Rades erleiden bei ihrem Umſchwunge durch die Fliehkraft eine beſtändige Spannung, der ſie nur durch eine feſte Verbindung aller ihrer Theile Widerſtand leiſten können, und werden nach allen Seiten fortgeſchleudert, wenn ſie ſich wirklich von einander los gemacht haben.

365.

Die Anwendung des coniſchen Pendels bei Dampfmaſchinen geſchieht auf eine ſehr ſinnreiche Weiſe:

Man bringt nämlich den Hahn, welcher den Dämpfen den Uebergang vom Keſſel in den Dampfcylinder geſtattet, mit den Stangen AC und AD in Verbindung, und richtet zugleich die Sache ſo ein, daß die ſchnellere oder langſamere Bewegung der Stange AB von der Geſchwindigkeit des Kolbens abhängt. Je ſchneller dieſer ſpielt, deſto ſchneller dreht ſich AB, deſto größer wird die Fliehkraft der Körper C und D, und deſto mehr entfernen ſie ſich von AB. Dabei ziehen ſie an dem Dampfhahne, verſchließen die Communication zwiſchen dem Dampfcylinder und dem Keſſel zum Theile, und ſetzen ſo die Geſchwindigkeit des Kolbenſpieles herab.

Sechster Abschnitt.

Von der Festigkeit der Materialien.

366.

Bei dem Bau einer Maschine kommt fast immer die Frage vor: wie stark ist der Zusammenhang der Materie, aus welcher man die Maschine bauet, oder mit welcher Kraft widersteht sie der Trennung? weil man ohne Beantwortung derselben über die nöthige Stärke einzelner Bestandtheile kein Urtheil fällen kann.

Die Kraft, mit welcher ein Körper der Trennung widersteht, heißt man seine Festigkeit. Diese Trennung läßt sich auf eine dreifache Weise bewerkstelligen, 1. durch Zerreißen, 2. durch Zerbrechen, 3. durch Zerdrücken; Nach diesen drei verschiedenen Trennungsarten erhält auch die Festigkeit eine verschiedene Benennung. Die Kraft, mit welcher ein Körper dem Zerreißen widersteht, heißt absolute, mit der er dem Zerbrechen widersteht, relative, und die, mit welcher er dem Zerdrücken widersteht, rückwirkende Festigkeit.

Erstes Kapitel.

Absolute Festigkeit.

367.

Die absolute Festigkeit erfährt man, wenn man einen

Körper von bestimmter Dicke der Länge nach an einem Ende fest einspannt, und am anderen Ende so lange Gewichte anhängt, bis eine Trennung erfolgt.

Ohne solche Versuche gemacht zu haben, sieht man ein, daß eine desto größere Kraft zum Zerreißen eines Körpers erfordert wird, je dicker derselbe ist, oder je mehr sein Querschnitt beträgt, und daß man nur dann von der absoluten Festigkeit verschiedener Körper eine richtige Kenntniß haben wird, wenn die zum Versuche gebrauchten Stücke von einerlei Dicke waren. Unter der Voraussetzung einer an jedem Theile gleich großen Festigkeit, wird sich die zweier Körper von ungleichen Querschnitten, wie die Querschnitte selbst verhalten müssen. Wird daher ein Stück Lindenholz, dessen Querschnitt einen Quadratzoll beträgt, mit 1387 Pf. zerrissen, so müßte man unter obiger Voraussetzung ein Stück, dessen Querschnitt 10 Zoll hat, mit 13870 Pf. zerreißen können.

368.

Die bis itzt am meisten untersuchten Materialien, und die zugleich die größte Anwendung erleiden, sind: Holzarten, Metalldrähte und Stricke. Folgende Tafel gibt die Resultate der besten Versuche.

Materie des zerrissenen Körpers:	Gewicht zum Zerreißen eines rheinländischen □ Zolles in Berliner Pfunden:
a) Holzarten.	
Lindenholz	13870
Erlenholz	24740
Kiefernholz	17855
Rothtannenholz . . .	10920
Eichenholz	21100

Materie des zerrissenen Körpers:	Gewicht zum Zerreißen eines rheinländischen □ Zolles in Berliner Pfunden:
Ulmenholz	14857
Olivenholz	12614
Buchenholz	22360
Buchsbaumholz . . .	15790
Nußbaumholz	14261
Weidenholz	15709
Eschenholz	21488
Pflaumenbaumholz . .	11099
Apfelbaumholz	10018
Weißdornholz	18358
Ebenholz	
b) Metalle,	
Kupferdraht	40205
Messingdraht	48480
Golddraht	67129
Bleidraht	3934
Zinndraht	6609
Silberdraht	49690
Eisendraht	60433

369.

So richtig auch die hier angegebenen Resultate seyn mögen, so würde man doch weit fehlen, wenn man glaubte, daß bei allen Holzarten oder Metallen desselben Namens auch die Festigkeit gleich groß sey. Die Erfahrung lehrt nämlich, daß die Festigkeit derselben Holzgattung verschieden ist nach Verschiedenheit des Alters des Baumes, von dem es genommen wurde, und nach der Beschaffenheit des Bodens, auf welchem, und des Klima, in welchem es aufwuchs, ja sie zeigt uns, daß sogar in demselben Baume die Wurzeln eine andere Festigkeit haben, als der Stamm oder die Aeste, und

daß nicht einmahl alle Theile des Stammes gleich fest sind. Graf Büffon zeigte durch sehr lehrreiche Versuche, daß das Holz der geschälten und auf dem Stamme abgetrockneten Bäume härter, dichter und fester wird, als das der mit der Rinde gefällten.

Dasselbe gilt zum Theile auch bei Metallen. Bei diesen sind immer die gegossenen schwächer als die geschmiedeten.

Wollte man daher aus der gegebenen Tafel mittelst der Regel 367 die Last finden, die ein Körper von bestimmter Materie und Dicke tragen kann, ohne zu reißen; so müßte man zur Sicherheit von dem, was die Rechnung gibt, bei Holzarten nur den dritten Theil, bei Metallen nur die Hälfte als Last annehmen.

370.

Noch eine größere Verschiedenheit der Festigkeit bemerkt man an Seilen, weil auch die Güte des Hanfes und die Art, wie die Seile verfertiget werden, so mannigfaltig ist. Sie sind desto fester, je sorgfältiger der Hanf gehechelt wurde, aus je mehr Fäden sie bestehen. Zu starkes Zusammendrehen vermindert ihre Festigkeit, weil dadurch die Fäden in einen gespannten Zustand versetzt werden, welches dieselbe Wirkung hervorbringt, als wenn schon ein Gewicht sie spannte. Uebrigens sind gedrehte Seile stärker, als die wie ein Zopf geflochtenen. Am stärksten sind solche Seile, welche wie die Spritzenschläuche gewoben, und vor Näsſe gut verwahrt sind, die immer schädlich auf die Festigkeit der Seile einwirkt. Nach Musschenbröcks Versuchen trägt ein gut gedrehtes Seil, dessen Durchmesser

6	Linien	enthält	190 Pf.
8	=	=	330 =
10	=	=	540 =
12	=	=	750 =
16	=	=	1030 =
20	=	=	2080 =
24	=	=	3000 =

Zweites Kapitel.

Relative Festigkeit.

371.

Um die respective Festigkeit der Körper zu prüfen, spannt man sie an einem Ende wagrecht ein, und bringt am anderen Ende ein Gewicht an, welches senkrecht auf die Richtung ihrer Länge wirkt. Man sieht leicht ein, daß diese Kraft nicht auf alle Theile des Balkens gleich stark wirkt, und stets für jeden Punct mit der Entfernung vom freien Ende zunimmt. Hat daher der Körper in allen Theilen eine gleiche Festigkeit, so muß er zunächst am Unterstützungspuncte brechen, weil für diesen Punct die Kraft das größte Moment hat. Dieser Fall wird sich in der Ausübung wohl schwer ergeben, theils wegen der verschiedenen Festigkeit verschiedener Theile, theils auch wegen der verschiedenen Biegsamkeit der Theile des Materials. Vermög letzterer werden nämlich einige Theile ausgedehnt, andere zusammengedrückt, und nur die zwischen beiden liegenden erleiden weder das eine noch das andere. Die am meisten gespannten Theile müssen natürlich zuerst reißen, und, wegen dadurch erfolgter Schwächung

der Festigkeit des Ganzen, den Bruch der übrigen Theile nach sich ziehen. Daher wird der Körper dort brechen, wo die am meisten gespannten Theile liegen.

372.

Bei Versuchen über das Zerbrechen der Körper, welche aber meistens nur mit hölzernen Balken angestellt wurden, so wie durch Rechnung, findet man das Gesetz, daß sich die relativen Festigkeiten zweier Balken verhalten, gerade wie ihre Breite, das Quadrat ihrer Höhe und verkehrt wie ihre Länge, oder daß diese Festigkeit desto größer sey, je größer die Breite, je größer das Quadrat der Höhe und je kleiner die Länge ist. Beträgt daher die Breite eines Balkens $\frac{1}{2}$ Fuß, die Höhe 1 Fuß und die Länge 12 Fuß, während bei einem andern von demselben Materiale bestehenden die Breite 1 Fuß, die Höhe $\frac{5}{4}$ Fuß und die Länge 10 Fuß ist; so verhält sich die relative Festigkeit des ersten zur Festigkeit des zweiten wie $\frac{1}{2} \times 1 \times 12 : 1 \times \frac{25}{16} \times 10 = 6 : \frac{250}{16} = 96 : 250$.

373.

Aus dieser Regel ersieht man, daß man Balken immer auf die schmälere Seite legen soll, damit ihre breitere zur Höhe werde, und daß sich aus einem runden Stücke Holz ein Balken hauen läßt, der unter allen aus diesem Holzstücke haubaren die größte relative Festigkeit hat. Um die Form eines solchen Balkens zu finden, ziehe man im Kreise, der einen Durchschnitt des runden Holzstückes vorstellt, den Durchmesser AB (Fig. 171), theile diesen in drei gleiche Theile AC, CD und DB, errichte aus den Theilungspuncten C und D die auf AB senkrechten Linien CE und DF, ziehe dann EB, BF, FA, AE, so ist der Balken bezeichnet. Durch Rechnung

findet man, daß sich eine Seite dieses Balkens zur andern wie 5 zu 7 verhält.

374.

Das, was hier von Balken gesagt wurde, die nur an einem Ende horizontal eingespannt sind, gilt auch von solchen, die an beiden Enden befestigt sind, und in der Mitte von einer Kraft gebogen und zerbrochen werden sollen; nur muß man sich vorstellen, als wären sie aus zwei Theilen bestehend, und als wären beide in den Puncten, wo die Kraft wirkt, befestigt, und an jedem Ende die Hälfte dieser Kraft zum Zerbrechen angebracht. Ein solcher Balken wird offenbar in der Mitte brechen müssen, wenn alle Theile eine gleiche Festigkeit haben, und desto mehr Kraft zum Brechen erfordern, je weiter die Last von seiner Mitte entfernt ist. Daher gibt der Druck der Kästen, die an eine Wand angestellt werden, auf dem Boden weniger aus, als der in der Mitte eines Gemaches stehenden Gegenstände.

375.

Bei horizontalen an beiden Enden eingemauerten oder auf andere Weise befestigten Balken, wird ihr eigenes Gewicht schon eine Spannung in den Fasern und daher eine Biegung hervorbringen, die mit der Länge und dem Gewichte des Balkens zunimmt; weil sich die Sache gerade so verhält, als wenn der Balken kein Gewicht hätte, aber in seinem Schwerpuncte eine Kraft angebracht wäre, deren Größe vom Gewichte des Balkens abhängt, und der Hälfte desselben gleich kommt.

376.

Vergleicht man zwei gleiche Balken von einerlei Mate-

riale, deren einer nur an einem, der andere an beiden Enden eingespannt ist, so findet man, daß letzterer eine viermahl größere Kraft in seiner Mitte ertragen kann, ohne zu brechen, als ersterer an seinem freien Ende.

Wird nämlich eine Last auf einem Balken gleichförmig verbreitet, so bewirkt sie dieselbe Krümmung des Balkens und dieselbe Spannung der Fasern, als wenn die Hälfte dieser Last in der Mitte des Balkens angebracht wäre. Hieraus kann man die Kraft beurtheilen, die Getreide auf den Boden des Getreidekastens ausübet.

377.

Mit dem, was hier über die relative Festigkeit der Körper gesagt wurde, kann man die Resultate vergleichen, die sich aus einer Reihe schöner, von Eytelwein angestellter Versuche ergaben. Dieser nahm zu seinen Versuchen Holz, das schon 2—3 Jahre gehauen, ausgezeichnet schön, ohne alle Krümmungen und Aeste war, und wovon jedes Stück wie ein viereckiger Balken bearbeitet wurde.

Folgende Tafel enthält die Resultate dieser Versuche:

Name des Holzes	Länge des Balkens	Höhe	Breite	Last mit der er bricht.
Kiefernholz	30 Zoll	$\frac{95}{100}$ Zoll	$\frac{7}{10}$ Zoll	13 Pf.
detto	66 "	2 "	2 "	598 "
detto	80 "	2 "	$1\frac{9}{10}$ "	351 "
Sommereiche	48 "	$1\frac{1}{10}$ "	$\frac{89}{100}$ "	85 "
detto	66 "	2 "	2 "	682 "
detto	84 "	2 "	2 "	352 "
Steineiche	42 "	$1\frac{1}{10}$ "	$1\frac{4}{10}$ "	349 "
Rothtanne	46 "	$1\frac{8}{10}$ "	$1\frac{2}{10}$ "	128 "
Weißtanne	48 "	1 "	1 "	101 "
Rothbuche	32 "	$\frac{8}{10}$ "	1 "	164 "
Weißbuche	30 "	1 "	1 "	156 "
Erle	43 "	$\frac{9}{10}$ "	1 "	128 "

Drittes Kapitel.

Rückwirkende Festigkeit.

378.

Die Größe der rückwirkenden Festigkeit erfährt man, wenn man einen Körper vertical stellt, und ihn von oben so lange belastet, bis er zerdrückt, oder nach vorher gegangener Biegung zerbrochen ist. Nennt man die Seite, nach welcher die Biegung geschieht, die Dicke, die andere die Breite des Körpers, so findet man, daß sich die rückwirkenden Festigkeiten verhalten, wie die Würfel der Dicke, multiplicirt mit der Breite, und dividirt mit dem Quadrate der Länge derselben.

379.

Ob ein Körper durch die so angebrachte Kraft wirklich zerdrückt, oder nach vorhergegangener Biegung zerbrochen wird, hängt ganz von seiner Natur ab. Bei frischen hölzernen Balken ereignet sich immer das zweite, bei Steinen, besonders bei Sandsteinen, stets das erste. Man kann sich da die Sache so vorstellen, als wenn die oberen Theile der Materie auf die unteren wie Keile wirkten, und sie so auseinander trieben. Bei der Berechnung der Gewölbe kann diese Ansicht von großem Nutzen werden, weil da der Druck der oberen Theile auf die unteren nicht stärker werden darf, als es die rückwirkende Festigkeit erlaubt.

380.

Ueber die rückwirkende Festigkeit der Holzarten hat der berühmte Musschenbröck viele Versuche angestellt. Herr Eytelwein hat sie in folgende Tafel zusammen gestellt.

Name des Holzes	Länge des Stuckes		Breite		Dicke		Festigkeit	
Rothtanne	48	Zoll	$\frac{51}{100}$	Zoll	$\frac{51}{100}$	Zoll	68	Pf.
detto	48	"	$\frac{7}{10}$	"	$\frac{7}{10}$	"	238	"
Linde	48	"	$\frac{1}{2}$	"	$\frac{7}{10}$	"	53	"
Buche	48	"	$\frac{6}{10}$	"	$\frac{6}{10}$	"	75	"
Eiche	48	"	$\frac{5}{10}$	"	$\frac{4}{10}$	"	21	"
detto	18	"	$\frac{28}{100}$	"	$\frac{29}{100}$	"	24	"
Esche	18	"	$\frac{25}{100}$	"	$\frac{24}{100}$	"	15	"
Linde	12	"	$\frac{35}{100}$	"	$\frac{35}{100}$	"	47	"
Kiefer	12	"	$\frac{42}{100}$	"	$\frac{42}{100}$	"	83	"

Siebenter Abſchnitt.

Allgemeine Regeln über den Maſchinenbau.

Erſtes Kapitel.

Maſchinen im Großen.

381.

Wenn man zu irgend einem Zwecke eine Maſchine anzulegen gedenkt; ſo hat man vor allen anderen die Beſchaffenheit und Größe der bewegenden Kraft zu berückſichtigen, die einem zu Gebote ſteht, und ſie dann ſo anzuwenden, daß ſie den möglichſt größten Effect hervorbringt. Dieſes hängt aber nicht bloß von der Art ab, wie man Kräfte wirken läßt, ſondern auch von der Einrichtung der einzelnen Theile der Maſchine, und von ihrer Verbindung unter einander.

382.

Wenn es der Zweck der Maſchine oder die Natur der bewegenden Kraft geſtattet, ſo vermeide man möglichſt jede ſtoßweiſe erfolgende Wirkung der Kraft; man laſſe ſie, wenn es ſeyn kann, lieber durch Druck als durch den Stoß wirken, weil bei letzterem immer ein bedeutender Verluſt Statt findet. Wo aber die ſtoßweiſe erfolgende Wirkung

einer Kraft nicht vermieden werden kann, da ſuche man die Ungleichförmigkeit der Bewegung durch die früher angegebenen Mittel möglichſt zu vermindern. Man muß aber nicht glauben, daß es unter allen Umſtänden gut iſt, die Bewegung ganz gleichförmig zu machen. In allen Fällen, wo die Bewegung abwechſelnd hin und her gehend iſt, bringt eine große Gleichförmigkeit der Bewegung Schaden. Steigt z. B. eine Kolbenſtange in einer Pumpe ganz gleichförmig in die Höhe, ſo muß ſie, wenn ſie den höchſten Stand erreicht hat, plötzlich eine entgegengeſetzte Richtung einſchlagen, und dieſer Uebergang wirkt gerade ſo, wie ein Stoß. Wird aber die Bewegung während des Steigens und Sinkens immer langſamer, je näher die Stange ihrem höchſten oder niedrigſten Stande kommt; ſo iſt die Veränderung nicht ſo groß, und daher auch der Verluſt an Kraft nicht ſo bedeutend.

383.

Wo die bewegende Kraft nicht unerſchöpflich iſt, da wende man ja nicht mehr davon an, als zur Hervorbringung einer zweckmäßigen Bewegung nöthig iſt; denn alles, was über dieſe Grenze hinaus geht, iſt barer Verluſt. Dieſem Grundſatze gemäß wird z. B. an einer Dampfmaſchine der ſogenannte Sparhahn angebracht, durch welchen die Dämpfe abgehalten werden, vom Keſſel in den Dampfcylinder überzugehen, wenn der Kolben einmahl eine gewiſſe Geſchwindigkeit erlangt hat, weil er dann ſchon vermög ſeiner Trägheit eine hinreichende Geſchwindigkeit behält.

384.

Bei allen Maſchinen, wo die widerſtehenden Kräfte nicht beſondere Zwecke erfüllen, ſuche man ſie möglichſt zu

vermindern. Deßhalb laſſe man alle Beſtandtheile, die der Zweck der Maſchine nicht fordert, weg, und lege ſie überhaupt ſo einfach als möglich an. Man erreicht dadurch nicht bloß den Vortheil der Verminderung alles Widerſtandes, ſondern auch den, daß die Maſchine dauerhafter wird, nicht ſo viele Reparaturen fordert, und ſchon bei der erſten Anlage nicht ſo viel koſtet.

385.

Eine ganz beſondere Rückſicht muß man auf die Materialien haben, aus welchen eine Maſchine gebaut wird. Ob eine Maſchine aus Metall oder aus Holz verfertiget werden ſoll, das muß eine Vergleichung der Feſtigkeit, des Gewichtes und des Preiſes der nöthigen Stücke, wenn ſie aus Metall beſtehen, mit denſelben von Holz ausgeführten lehren. Wo man durch die größere Feſtigkeit metallener Beſtandtheile und durch ihre geringere Größe für das größere Gewicht und die hieraus entſpringende größere Reibung entſchädigt wird, da greife man nach Metallen; es wäre aber unklug, ſich mit einer großen Summe einen Nachtheil zu erkaufen.

386.

Da aber bei den meiſten Maſchinen Holz als Beſtandmateriale angewendet wird, ſo muß man auch auf ſeine Beſchaffenheit ein beſonderes Augenmerk haben. Gutes Bauholz ſoll vor allen andern zu einer Zeit geſchlagen werden, wo der Safttrieb der Bäume nicht ſehr rege iſt. Die beſte Zeit zum Schlagen dieſes Holzes iſt daher vom Spätherbſte bis zum halben Februar, beſonders wenn die Witterung trocken iſt. Man thut wohl, wenn man zuerſt den Stamm etwas einhaut, ihn der größeren Aeſte beraubt, ſo einen

Monath ſtehen läßt, und ihn dann erſt ganz fällt. Nach dem Fällen ſoll er von der Rinde befreit werden, wenn dieſes nicht vor dem Fällen geſchehen iſt, damit er beſſer austrockne und von Würmern keinen Schaden leide, und ſo wenigſtens 1 — 2 Jahre an einem vor Näſſe und Sonnenſchein geſchützten Orte liegen bleiben.

387.

Wenn man der Fäulniß des Holzes vorbeugen will, wozu man beſonders Urſache hat, wenn es an einen Ort kommt, wo es abwechſelnd der Feuchtigkeit ausgeſetzt iſt; ſo verkohlt man es von Außen, oder läßt es längere Zeit im fließenden Waſſer liegen. Nach Verſuchen, die H. R. Prechtl hier angeſtellt hat, geben beſonders diejenigen Stoffe zur Fäulniß Anlaß, die durch das Waſſer gleichſam aufgelöſt und weggeführt werden. Schade, daß durch dieſes Auswaſchen des Holzes ſeine Feſtigkeit ſo ſehr leidet. Den Vorzug vor allen Behandlungsarten des Holzes, um es dauerhafter zu machen, verdient diejenige, wo man es der Einwirkung der Waſſerdämpfe durch längere Zeit ausſetzt.

387.

Will man wiſſen, ob ein Holz gehörig ausgetrocknet ſey, ſo gieße man warmes Oehl darauf. Je ſchneller dieſes eingeſaugt wird, deſto trockner iſt das Holz. Hat man Spuren, daß das Holz im Innern von der Fäulniß oder von Würmern angegriffen ſey, ſo ſchlägt man an die verdächtige Stelle mit einem Hammer, und beobachtet den Schall, der dabei entſteht. Je heller dieſer iſt, deſto weniger Schaden hat man zu beſorgen.

389.

Daß nicht alle Theile einer Maſchine dieſelbe Feſtigkeit fordern, verſteht ſich von ſelbſt. Diejenigen Theile, deren Feſtigkeit wegen ihrer Stellung und Lage am meiſten in Anſpruch genommen wird, oder die ſich am ſchnellſten bewegen, müſſen auch am ſtärkſten ſeyn. Deßhalb macht man einen wagrechten Baum, wenn er auch nur ſein eigenes Gewicht zu ertragen hat, nicht ſelten ſtärker als einen verticalen, der noch dazu belaſtet iſt; deßhalb werden Schwungräder, die ſich ſchnell drehen müſſen, beſonders feſt gebaut, und aus demſelben Grunde macht man das Getriebe einer Rädermaſchine ſtets aus beſſerem und härterem Materiale, als die Räder.

Zweites Kapitel.

Modelle.

390.

Wenn ſich Jemand die Einrichtung einer neuen Maſchine im Gedanken entwirft, und alles auf das Beſte zuſammengeht; ſo kann er doch von der Zweckmäßigkeit und Brauchbarkeit derſelben nicht eher überzeugt ſeyn, als bis der Entwurf practiſch ausgeführt, und für gut befunden worden iſt. Eine ſolche Ausführung iſt in den meiſten Fällen zu koſtſpielig, wenn man den einzelnen Theilen der Maſchine die gehörige Größe geben will; deßhalb begnügt man ſich damit, das Werk im Kleinen auszuführen, oder es in einem Modelle darzuſtellen. Daſſelbe iſt auch nothwendig, wenn eine neue Maſchine an einem Orte angelegt werden ſoll, wo man ſie noch nicht kennt, und von Leuten, denen eine bloße Beſchrei-

bung nicht genüget; da muß die Maschine erst im Modelle ausgearbeitet, hierauf an den Ort der Bestimmung gebracht, und daselbst im Großen nach dem Modelle ausgeführt werden.

391.

Von einem Modelle fordert man: 1. Daß bei ihm die Kraft mit der Last in demselben Verhältnisse stehe, in welchem sie in der im Großen ausgeführten oder auszuführenden Maschine steht. 2. Daß alle seine Theile nach demselben verkleinerten Maßstabe verfertiget sind. Ist daher z. B. bei einer Maschine die Kraft $\frac{1}{8}$ von der Last, so muß dieses auch im Modelle so seyn, und stellt einen Fuß in einem Theile des Modelles eine Klafter in der Maschine vor, so muß dieses bei allen übrigen Theilen so der Fall seyn.

392.

Wenn eine Maschine nach einem Modelle im Großen angelegt werden soll, und man beim Bau die größte Sorgfalt darauf verwendet, daß ja alles im gehörigen Maßstabe angelegt wird, so darf man doch nicht darauf rechnen, daß der Effect der Maschine in demselben Maße vergrößert erscheinen wird, als die Maschine selbst, und die dabei angebrachte Kraft vergrößert wurde. Die Erfahrung lehrte leider nur zu oft, daß eine Maschine im Modelle zu den schönsten Hoffnungen berechtigte, und doch unbrauchbar war, als man sie im Großen ausführte.

393.

Die Ursache dieser Abweichung liegt darin, daß nicht alles, was bei einer Maschine auf die Größe ihrer Wirkung Einfluß hat, in demselben Verhältnisse wächst, in welchem

man die Maſchine vergrößert. Beſonders iſt dieſes bei den Hinderniſſen der Bewegung der Fall, und bei der Feſtigkeit der Materialien. Bei Modellen wendet man bloſſe Schnüre an, die faſt gar keine Steifheit haben, und daher auch der bewegenden Kraft in denſelben gar keinen Abbruch thun; bei Maſchinen im Großen muß man an ihre Stelle ſteife Seile ſetzen, die eine bedeutende Kraft brauchen, um gehörig geſpannt zu bleiben; bei Modellen bleiben die Zapfen, die ſich in ihren Pfannen bewegen, rund, und man erfreut ſich des Vortheils, den die drehende Bewegung in Betreff der Verminderung der Reibung verſchafft; bei Maſchinen müſſen dieſe Zapfen viel dicker ſeyn, ſie werden durch ein größeres Gewicht an ihre Unterlagen angedrückt, und dadurch ſehr leicht etwas abgeplattet. Dieſes nähert die drehende Bewegung der gleitenden, und vermehrt die Reibung in größerem Maße, als es nach dem Maßſtabe, in dem die Maſchine angelegt wurde, ſeyn ſoll. Auch die Feſtigkeit der Materialien, beſonders des Holzes, wächſt nicht ſo wie der körperliche Inhalt desſelben. Wenn ſich z. B. ein hölzerner Balken, der 1 Zoll dick, 30 Zoll lang iſt, und an ſeinen beiden Enden aufliegt, gar nicht merklich biegt; ſo darf man ja nicht glauben, daß ſich auch ein Balken, deſſen Dicke 1 Fuß und deſſen Länge 30 Fuß beträgt, unter denſelben Umſtänden nicht biegen werde. Eine ſolche Biegung kann aber ein völliges Verſchieben der einzelnen Theile einer Maſchine, ein Klemmen, ja ein gänzliches Stocken derſelben nach ſich ziehen.

394.

Nicht ſelten iſt die bewegende Kraft bei einer Maſchine bloß von der Art, daß ſie nur eine Vermehrung des Effectes

der Maſchine bis zu einem gewiſſen Grade zuläßt. Von der Art iſt z. B. der Luftdruck. Dieſem hält immer eine Waſſerſäule von ungefähr 32 Fuß Höhe das Gleichgewicht. Wollte man nun ein Modell einer Waſſerpumpe zum Muſter nehmen, und eine Pumpe im Großen darnach einrichten; ſo würde man weit irren, wenn man glaubte, daß man damit das Waſſer um ſo viel höher treiben kann, als ſie das Modell an Größe übertrifft.

395.

Wer alle dieſe Umſtände wohl überlegt, der wird in jedem einzelnen Falle leicht einſehen, wie viel er von einer Maſchine zu erwarten hat, die nach einem Modelle von bekannter Wirkſamkeit angelegt wurde, er wird keine eitlen Pläne zur Aufſtellung mechaniſcher Wunderwerke machen, und weder ſich noch andere zu unnöthigen und zweckloſen Auslagen bereden.

Zusätze

aus der

Arithmetik und Geometrie.

A. Einiges aus der Arithmetik.

1.

Das Zeichen der Gleichheit sind zwei liegende Striche =

Das Zeichen der Addition ist ein stehendes Kreuz + z. B. $2+3=5$

Das Zeichen der Subtraction ein Querstrich —

Das Zeichen der Multiplication ein liegendes Kreuz × oder gar nur ein Punct . z. B. $2\times3=6$ oder $2.3=6$.

Das Zeichen der Division zwei Puncte über einander : z. B. $6:2=3$.

2.

Eine Zahl heißt durch eine andere theilbar, wenn der Quotient eine ganze Zahl ist. Man sagt deßhalb 20 ist durch 5, aber nicht durch 7 theilbar, weil $20:5=4$ und $20:7=2\frac{6}{7}$

3.

Eine gerade Zahl ist diejenige, welche durch 2 theilbar ist; eine ungerade hingegen, welche nicht durch 2 theilbar ist. So ist 6 eine gerade, 7 eine ungerade Zahl.

4.

Jede Zahl ist durch 2 theilbar, deren Endziffer zur Rechten eine gerade Zahl ist. So ist 2356 durch 2 theilbar, weil 6 eine gerade Zahl ist.

5.

Eine Zahl ist durch 3 theilbar, wenn die Summe ihrer Ziffer ohne Rücksicht auf den Werth ihrer Stelle durch 3 theilbar ist. Z. B. 24951 ist durch 3 theilbar, weil $2+4+9+5+1=21$ eine durch 3 theilbare Zahl ist.

6.

Eine Zahl ist durch 4 theilbar, wenn die letzten 2 Ziffer zur Rechten es sind. Z. B. 6412 hat die genannte Eigenschaft, weil 12 sie hat.

7.

Eine Zahl ist durch 5 theilbar, wenn ihre letzte Ziffer 5 oder 0 ist, wie z. B. 120 oder 335.

8.

Eine Zahl ist durch 8 theilbar, wenn es die letzten 3 Ziffer sind. So ist 94216 durch 8 theilbar, weil es 216 ist.

9.

Eine Zahl ist durch 9 theilbar, wenn die Summe der Ziffer durch 9 theilbar ist, wie z. B. 563292, wo $5+6+3+2+9+2=27$.

10.

Eine Zahl ist durch 10 theilbar, wenn sie zur letzten Ziffer 0 hat. So ist dieses mit 250 der Fall.

11.

Eine Zahl ist durch 11 theilbar, wenn der Unterschied

aus der Ziffersumme der geraden und ungeraden Stellen durch 11 theilbar ist. Deßhalb hat die Zahl 183513 die genannte Eigenschaft; denn 1+3+1=5, 8+5+3=16 und 16—5=11.

12.

Eine Zahl ist durch eine andere aus mehreren Factoren bestehende Zahl theilbar, wenn sie durch jeden ihrer Factoren zugleich theilbar ist.

So ist eine Zahl durch 6 theilbar, wenn sie es zugleich durch 2 und 3 ist, oder durch 15, wenn sie es durch 3 und 5 ist.

13.

Eine Zahl, die nur durch sich selbst und durch 1 theilbar ist, heißt Primzahl. Solche Zahlen sind 2, 3, 5, 7, 11, 13 u. s. w.

14.

Aufgabe: Eine gegebene Zahl in alle ihre Factoren aufzulösen, oder alle Zahlen zu finden, durch welche sie theilbar ist.

Auflösung: Man theile die Zahl mit der kleinsten, durch welche sie theilbar ist, multiplicire den Divisor mit dem Quotienten, ziehe das Product von der ganzen Zahl ab, theile den Quotienten wieder mit der kleinsten Zahl, durch die er theilbar ist, und wiederhohle das ganze Verfahren so oft, bis der Quotient = 1 ist.

Hierauf schreibe man alle gebrauchten Divisoren unter einander, multiplicire den zweiten mit dem ersten, schreibe das Product neben den zweiten, multiplicire alle vorhergehenden mit dem dritten, schreibe jedes Product neben ihn, und fahre auf diese Weise so lange fort, bis man mit dem

unterſten Diviſor dieſe Operation vorgenommen hat. Die ſo gefundenen Zahlen ſind lauter Factoren der gegebenen Zahl. Z. B. es ſeyen die Factoren der Zahl 2040 zu ſuchen. Da hat man

2040 : 2 = 1020
1020 : 2 = 510
510 : 2 = 255
255 : 3 = 85
85 : 5 = 17
17 : 17 = 1 mithin die Factoren

2
2, 4
2, 8
3, 6, 12, 24,
5, 10, 20, 40, 15, 30, 60, 120,
17, 34, 68, 136, 51, 102, 204, 408,
85, 170, 340, 680, 255, 510, 1020,

15.

Eine Potenz iſt ein Product aus gleichen Factoren. Jeder Factor heißt Wurzel der Potenz. Eine Potenz aus zwei Factoren heißt ein Quadrat, eine Potenz aus 3 Factoren ein Würfel oder Kubus. Der Factor heißt im erſten Falle Quadratwurzel, im zweiten Falle Kubikwurzel. So iſt z. B. 25 ein Quadrat, 125 ein Würfel von 5, weil $5 \times 5 = 25$ und $5 \times 5 \times 5 = 125$. Zugleich iſt 5 die Quadratwurzel von 25 und die Kubikwurzel von 135. Eben ſo iſt $\frac{4}{9}$ das Quadrat von $\frac{2}{3}$, weil $\frac{2}{3} \times \frac{2}{3} = \frac{4}{9}$

16.

Eine Zahl zum Quadrat erheben heißt, ein Product finden, in welchem ſie 2mahl als Factor vorkömmt, oder ſie mit ſich ſelbſt multipliciren. Von einer Zahl die Quadrat-

wurzel ausziehen heißt, eine Zahl finden, die zum Quadrat erhoben, obige Zahl gibt.

17.

Das Zeichen, welches anzeigt, daß von einer Zahl die Quadratwurzel ausgezogen worden, ist $\sqrt{}$ oder $\sqrt{}$. Es wird immer der Zahl vorgesetzt, woraus der Wurzel ausgezogen werden soll.

18.

Die Quadratwurzel einer Zahl, die nur mit zwei Ziffern geschrieben wird, hat selbst nur eine Ziffer. Denn die größte aller Zahlen mit einer Ziffer, nämlich 9 hat zum Quadrate 81, also nur eine zweiziffrige Zahl. Hat man daher von einer Zahl mit 2 Ziffern die Quadratwurzel auszuziehen, so darf man nur unter den Zahlen von 1 bis 9 diejenige suchen, deren Quadrat die genannte Zahl gibt.

Die Zahl	1	hat zur	Quadratwurzel		1
=	4	=	=	=	2
=	9	=	=	=	3
=	16	=	=	=	4
=	25	=	=	=	5
=	36	=	=	=	6
=	49	=	=	=	7
=	64	=	=	=	8
=	81	=	=	=	9

19.

Daß nicht jede Zahl eine ganze Zahl zur Quadratwurzel habe, ist für sich klar. Aber man kann beweisen, daß eine ganze Zahl, deren Quadratwurzel keine ganze Zahl ist, auch kein Bruch ist, und daß daher ihre Wurzel durchaus nicht vollständig gefunden werden kann.

20.

Soll von einer Zahl, die mit mehr als 2 Ziffern geschrieben wird, die Quadratwurzel ausgezogen werden, so verfährt man auf folgende Weise:

1. Man schreibt vor der Zahl das Wurzelzeichen, nach ihr das Gleichheitszeichen.
2. Man theilt sie in Classen ein von der Rechten zur Linken, jede von 2 Ziffern, die letzte kann auch nur eine Ziffer haben.
3. Man zieht von der äußersten Classe zur Linken ein so großes Quadrat ab, als möglich, schreibt seine Wurzel hinter das Gleichheitszeichen, und setzet zum Reste, wenn sich einer ergibt, die zweite Classe herab.
4. Man nimmt die gefundene Wurzel doppelt, dividirt durch sie den Rest mit Inbegriff der ersten Ziffer der herabgesetzten Classe, schreibt den Quotienten zugleich zur gefundenen Wurzel und zum Divisor, multiplicirt mit ihm den so vermehrten Divisor, und zieht das Product von der ganzen am Platze des Dividendus stehenden Zahl ab.
5. Sind mehr als zwei Classen vorhanden, so wird die nächste Classe zum Rest herabgeschrieben, die bereits gefundene Wurzel doppelt genommen, und wieder ganz so, wie in 4 verfahren.

Dasselbe Verfahren wiederhohlt man so lange bis an alle Classen die Reihe gekommen ist.

Beispiele: $\sqrt{1,44} = 12$

1

44 : 22

44

= =

Beispiele:

$\sqrt{3,24} = 18$

1

224 : 28

224

$\sqrt{28,09} = 53$

25

309 : 103

309

$\sqrt{5,47,56} = 234$

4

147 : 43

129

1856 : 464

1856

21.

Ist die Zahl, aus welcher die Quadratwurzel ausgezogen werden soll, kein vollständiges Quadrat; so kann man auch die Wurzel nur annäherungsweise finden. In einem solchen Falle bleibt ein Rest, wenn auch schon alle Classen der gegebenen Zahl herabgeschrieben worden sind.

Um nun die Wurzel durch Näherung zu finden, verfährt man Anfangs so, als wenn die Zahl ein vollkommenes Quadrat wäre. Sobald ein Rest bleibt, und keine Classe mehr herabzuschreiben ist, setzet man zum Reste zwei Nullen, als wären sie der gegebenen Zahl angehängt und eine neue Classe derselben, und verfährt mit dem so vermehrten Reste nach 20. 4. Dieses Zusetzen von 2 Nullen wiederhohlt man so

oft, als man es für nöthig findet, denn je öfter dieſes geſchieht, deſto mehr nähert man ſich dem wahren Werthe der Wurzel.

Nach beendeter Operation dividirt man die gefundene Wurzel durch 1 mit ſo vielen Nullen, als man Paare derſelben beim Ausziehen zugeſetzt hat.

Beiſpiele:

$\sqrt{7} = \frac{264}{100} \ldots\ldots = 2\frac{64}{100} \ldots\ldots$

4

300 : 46
276

2400 : 524
2096

$\sqrt{5{,}59} = \frac{2364}{100} \ldots = 23\frac{64}{100} \ldots\ldots$

4

159 : 43
129

3000 : 466
2796

20400 : 5724
18896

B. Einiges aus der Geometrie.

1.

Wenn man an irgend einem Körper das Materielle, woraus er beſteht, im Gedanken wegläßt; ſo bleibt nichts als ein leerer Raum, nämlich eine Ausdehnung in die Län-

ge, Breite und Tiefe übrig. Dieſe Ausdehnung iſt das, was man geometriſchen Körper nennt.

Die Grenzen, welche ihn von allen Seiten umgeben, haben eine bloße Ausdehnung in die Länge und Breite, und machen ſeine Oberfläche aus. Solche Theile der Oberfläche eines Körpers heißen Flächen, und wenn ſie geradlinig ſind, Ebenen. Man kann ſie ſich allein vorſtellen und an ihnen wieder ins beſondere die Grenzen. Dieſe haben eine bloße Ausdehnung in die Länge, und heißen Linien. Stellt man ſich Linien wieder beſonders vor, ſo erkennt man als ihre Grenzen Puncte.

2.

Was eine gerade und was eine krumme Linie ſey, iſt für ſich gewiß Jedermann klar, eben ſo auch, daß es nur eine gerade, aber unendlich viele krumme Linien geben kann.

3.

Um gerade Linien unter einander zu vergleichen, d. i. um ſie meſſen zu können, nimmt man irgend eine Linie als Einheit an, und beſtimmt, wie vielmahl ſie in einer der gegebenen Linien enthalten iſt. Eine ſolche Längeneinheit ſind unſere Klafter, Fuß, Zoll, Linien. Eine Klafter wird ſelbſt wieder durch Fuß, Zoll und Linien, ein Fuß durch Zoll und Linien, ein Zoll durch Linien gemeſſen. Wenn man daher ſagt: Eine Klafter hat 6 Fuß, ein Fuß 12 Zoll, ein Zoll 12 Linien, ſo wird dadurch dieſe Meſſung ſelbſt durch Worte ausgedrückt.

4.

Eine in ſich zurückkehrende krumme Linie, wovon jeder Punct von einem anderen, außer ihr liegenden Puncte gleich

weit abſtehet, heißt ein Kreis. Die krumme Linie ſelbſt heißt ſein Umfang, der Punct, von dem alle Puncte des Umfangs gleich weit entfernt ſind, ſein Mittelpunct. Eine gerade Linie vom Mittelpuncte bis zum Umfange heißt Halbmeſſer; eine gerade Linie von einem Puncte des Umfangs zu einem anderen Sehne oder Chorda; eine Sehne, welche durch den Mittelpunct geht, der Durchmeſſer. Dieſer iſt zugleich die größte Sehne eines Kreiſes und dem doppelten Halbmeſſer gleich. Eine gerade Linie, welche mit dem Umfange eines Kreiſes nur einen Punct gemein hat, wird Berührungslinie oder Tangente genannt.

Zwei oder mehrere Kreiſe, welche denſelben Mittelpunct haben, heißen concentriſch.

5.

Der Umfang eines Kreiſes wird in 360 gleiche Theile getheilt, und jede derſelben ein Grad genannt. Jeder Grad enthält wieder 60 gleiche Theile, die man Minuten, und jede Minute wieder 60 gleiche Theile, die man Secunden heißt.

Ein Stück eines Kreiſes (Kreisbogen) kann mit einem anderen gleich viele Grade enthalten, ohne doch deßhalb gleich groß zu ſeyn; denn die zwei Bögen AB und CD (Fig. 172) ſind gewiß nicht gleich groß, und enthalten doch dieſelbe Anzahl von Graden. Ueberhaupt iſt ein Bogen, der z. B. einen Grad hat, deſto größer, je größer der Halbmeſſer des Kreiſes iſt, zu dem er gehört.

6.

Um einen Kreisbogen oder den ganzen Umfang eines

Kreiſes mit einer geraden Linie vergleichen zu können, muß man wiſſen, in welchem Verhältniſſe der Durchmeſſer eines Kreiſes zu ſeinem Umfange ſteht. Wiewohl man dieſes Verhältniß nicht ganz vollſtändig auffinden kann, ſo fehlt man doch nur um ein ſehr Geringes, wenn man ſagt: der Durchmeſſer verhält ſich zum Umfange wie 100 : 314. Man findet daher den Umfang eines Kreiſes, wenn man ſeinen Durchmeſſer mit $\frac{3}{1}\frac{1}{0}\frac{4}{0}$ multiplicirt. Hätte z. B. der Durchmeſſer 25 Fuß, ſo betrüge der Umfang $\frac{3}{1}\frac{1}{0}\frac{4}{0} \times 25 = 78\frac{1}{2}$ Fuß.

Um die Länge eines Kreisbogens zu finden, muß man nebſt dem Durchmeſſer auch noch wiſſen, wie viel Grade er enthält. Weiß man dieſes, ſo berechnet man zuerſt den ganzen Kreisumfang und ſagt dann: Es verhält ſich 360 zur Anzahl der Grade des gegebenen Bogens, wie der ganze Umfang zur geſuchten Zahl. Z. B. hätte ein Bogen, deſſen Halbmeſſer 25 Fuß hat, 30 Grade, ſo wäre

$$360 : 30 = 78\tfrac{1}{2} : x \text{ und}$$

$$x = 6\tfrac{1}{24} \text{ Fuß.}$$

7.

Wenn ein Kreis (Fig. 173) auf der geraden Linie AB fortgeſchoben wird, und ſich zugleich um ſeinen Mittelpunct dreht, ſo beſchreibt jeder Punct ſeines Umfanges eine krumme Linie, die man Radlinie oder Cycloide heißt. Für den Punct des Kreiſes, der die AB in A berührt, iſt dieſe Linie ACB.

Wird der Kreis ſtatt auf der geraden AB auf dem Umfange eines anderen Kreiſes fortgeſchoben; ſo heißt die auf die genannte Art entſtehende krumme Linie, eine Epicycloide.

8.

Linien, die nie zusammen treffen, man mag sie verlängern, wie man will, heißen parallel oder gleichlaufend.

Linien, die nicht parallel sind, sondern sich schneiden, wie EC und ED (Fig. 172) bilden einen Winkel. Der Durchschnittspunct E heißt des Winkels Scheitel, die Linien EC und ED, die ihn bilden, seine Schenkel. Man benennt den Winkel durch die Buchstaben, die bei seinem Scheitel und bei seinen Schenkeln stehen, setzt aber immer den am Scheitel stehenden in die Mitte. So heißter Winkel Fig. 172 CEB nicht ECB oder EDC.

9.

Verlängert man einen Schenkel CB des Winkels ACB (Fig. 174) bis D, so entsteht ein neuer Winkel DCA, der mit dem ersteren den Scheitel C und den Schenkel AC gemein hat, während die zwei anderen Schenkel CB und CD in einer geraden Linie liegen. Solche Winkel heißen Nebenwinkel.

Steht AC auf DB so, daß die Nebenwinkel DCA und BCA einander gleich sind, so sagt man AC stehe auf BD senkrecht oder lothrecht, und die Winkel DCA und BCA heißen rechte Winkel.

Ein Winkel, der größer ist, als ein rechter, heißt stumpf, einer der kleiner ist, spitzig. So wäre z. B. der Winkel DCE stumpf, der Winkel BCE spitzig.

10.

Wenn man aus dem Scheitel eines rechten Winkels einen Kreis beschreibt, so beträgt der zwischen seinen Schenkeln enthaltene Bogen den vierten Theil des Kreisumfanges,

hat also 90 Grade. Ist der Winkel größer oder kleiner als ein rechter, so enthält der zwischen seinen Schenkeln befindliche Kreisbogen in demselben Verhältnisse mehr oder weniger Grade, in welchem der Winkel selbst größer oder kleiner ist. Deßhalb bestimmt man auch die Größe eines Winkels nach der Anzahl der Grade, die ein solcher Bogen enthält, und sagt ein rechter Winkel habe 90, ein stumpfer mehr, ein spitziger weniger als 90 Grade.

11.

Eine von drei Seiten eingeschlossene Figur heißt Dreieck. Sind alle drei Seiten einander gleich, so ist es gleichseitig; sind nur zwei Seiten einander gleich, so heißt es gleichschenkelig. Ein Dreieck, mit einem rechten Winkel heißt rechtwinklig, mit einem stumpfen Winkel stumpfwinklig, mit lauter spitzigen Winkeln spitzwinklig.

12.

Eine von vier Seiten eingeschlossene Figur heißt ein Viereck, eine von fünf Seiten eingeschlossene ein Fünfeck u. s. w.

Eine Figur heißt überhaupt regelmäßig, wenn alle Seiten und Winkel einander gleich sind.

Ein Viereck, dessen gegenüberstehende Seiten einander parallel sind, heißt ein Parallelogramm (Fig. 2), die gerade Linie AD von einem Winkel zum gegenüberstehenden, heißt die Diagonale.

Ein Parallelogramm mit lauter rechten Winkeln heißt ein Rechteck, und ein Rechteck mit gleichen Seiten ein Quadrat.

Ein Viereck, wobei nur zwei Seiten einander parallel ſind, wie ABCD (Fig. 175), heißt ein Trapez.

Aehnliche Figuren ſind diejenigen, welche gleiche Winkel haben, und deren Seiten einander proportionirt ſind. Alle Quadrate, alle gleichſeitigen Dreiecke, alle Kreiſe ſind deßhalb einander ähnlich.

13.

Wenn mit einer gegebenen Linie AB (Fig. 176) ein gleichſeitiges Dreieck beſchrieben werden ſoll, ſo ziehe man aus dem Mittelpuncte A mit dem Halbmeſſer AB den Kreis BC, und aus dem Mittelpuncte B mit demſelben Halbmeſſer den Kreis AD, verbinde den Durchſchnittspunct E mit den Puncten A und B, ſo iſt ACB ein gleichſeitiges Dreieck.

14.

Um einen gegebenen Winkel ACB (Fig 177) zu halbiren, nehme man CA = CB, ziehe AB, beſchreibe damit das gleichſeitige Dreieck ADB, ziehe CD; ſo iſt durch ſie der Winkel halbirt, oder es iſt ACD = BCD.

15.

Will man eine gegebene Linie AB (Fig. 178) halbiren, ſo beſchreibe man zu beiden Seiten gleichſeitige Dreiecke, nämlich ACB und ADB, ziehe CD, ſo iſt der Durchſchnittspunct E zugleich der Halbirungspunct der geraden Linie AB.

16.

Wenn von einem gegebenen Puncte A (Fig 179) auf die Linie BC eine ſenkrechte herabgelaſſen werden ſoll, ſo beſchreibe man aus dem Mittelpuncte A einen Kreisbogen, der BC in D und E ſchneidet, halbire DE in F, und ziehe die Linie AF. Dieſe iſt die geſuchte Senkrechte.

17.

Ist in dem Puncte F der Linie BC eine senkrechte zu errichten, so nehme man zu beiden Seiten gleiche Stücke, nämlich FD und FE, beschreibe mit BC das gleichseitige Dreieck DAE, und ziehe FA, so ist diese die verlangte Linie.

18.

Soll zur Linie AB (Fig. 180) eine parallele gezogen werden, so errichte man in zwei Puncten derselben, z. B. in C und D zwei senkrechte Linien CE und DF, mache CE=DF, und ziehe die Linie EF, die man zu beiden Seiten nach Belieben verlängern kann. EF ist mit AB parallel.

19.

Auf einem gegebenen Puncte A des Kreises (Fig. 181) wird ein Tangente gezogen, wenn man den Halbmesser CA zieht, und darauf im Puncte A die senkrechte AB errichtet.

20.

Will man den Mittelpunct des Kreises (Fig. 181) finden, so ziehe man zwei beliebige nur nicht parallele Sehnen ED und FG, halbire jede derselben in I und H, errichte auf den Halbirungspuncten senkrechte Linien, und verlängere sie, bis sie sich schneiden. In ihrem Durchschnittspuncte C liegt der Mittelpunct des Kreises.

21.

Eine gerade Linie AB (Fig. 182) kann auf folgende Weise in eine beliebige Anzahl gleicher Theile getheilt werden: Man setze eine Linie AD an die gegebene AB an, nehme in ihr so viele gleiche, übrigens beliebig große Theile, in wie viele AB getheilt werden soll, z. B. AC, CE, EF, wenn man AB in drei Theile theilen will. Nun ziehe man FB und

aus den übrigen Puncten E und C die mit FB parallelen EG, CH; so sind H und G die gesuchten Theilungspuncte.

22.

Ein Kreisbogen ED (Fig. 181) wird halbirt, wenn man seine Sehne ED halbirt, und durch den Halbirungspunct H den Halbmesser CH zieht. Dort, wo er den Bogen ED schneidet, liegt sein Halbirungspunct.

23.

Der Umfang eines Kreises wird durch den Durchmesser halbirt. Zwei auf einander senkrechte Durchmesser theilen den Kreisumfang in vier gleiche Theile. Halbirt man jeden Viertelkreis wieder, so erhält man 8tel, durch fernere Halbirung 16tel Theile des Kreisumfanges, und so fort. Man kann also auf diese Weise einen Kreis in 2, 4, 8, 16, 32, 64 ꝛc. Theile theilen.

24.

Der Halbmesser eines Kreises läßt sich genau 6mahl in dem Umfange des Kreises als Sehne übertragen. Man kann daher den Kreisumfang in 6 Theile theilen, wenn man den Halbmesser als Chorda überträgt. Durch Halbirung jedes so erhaltenen Bogens kann man 12tel, durch fernere Halbirung 24tel, 48tel Theile des Kreisumfanges erhalten, mithin einen Kreis in 6, 12, 24, 48, 96 ꝛc. gleiche Theile theilen.

25.

Um Flächen mit einander vergleichen und sie messen zu können, bedient man sich desselben Mittels wie bei Linien. Man nimmt irgend eine Fläche als Einheit an, und untersucht, wie oft sie in einer gegebenen Fläche enthalten ist. Als solche Einheit werden aber nur rechtwinkelige 4seitige Flächen

angenommen, deren Länge und Breite gleich ist, die also Quadrate sind. Hat jede Ausdehnung eines solchen Maßes eine Linie, so nennt man sie eine Quadratlinie, hat sie einen Zoll, so heißt sie Quadratzoll, und Quadratfuß oder Quadratklafter, wenn jede Ausdehnung einen Fuß oder eine Klafter hat. Jede dieser größeren Einheiten wird selbst wieder durch jede kleinere gemessen. So ist

eine Quadratlinie in einem Quadratzoll 144mahl
ein Quadratzoll in einem Quadratfuß 144mahl
ein Quadratfuß in einer Quadratklafter 36mahl enthalten,

oder es hat 1 Quadratklafter 36 Quadratfuß
1 Quadratfuß 144 Quadratzoll
1 Quadratzoll 144 Quadratlinien.

26.

Der Flächeninhalt eines Rechteckes wird gefunden, wenn man seine Länge mit seiner Breite multiplicirt. Der Flächeninhalt ist in demselben Maße ausgedrückt, in welchem Länge und Breite ausgedrückt waren. Hat z. B. im Rechtecke ECDF (Fig. 180) CD = 3 Fuß, CE = $1\frac{1}{2}$ Fuß, so beträgt der Flächeninhalt $3 \times 1\frac{1}{2} = 4\frac{1}{2}$ Quadratfuß.

27.

Der Flächeninhalt eines Parallelogramms wird gefunden, wenn man die Länge einer Seite mit senkrechter Linie multiplicirt, welche von der mit ihr parallelen auf sie gezogen ist.

28.

Der Flächeninhalt eines Dreiecks ist gleich dem halben Producte aus einer Seite, in die Länge derjenigen Linie, welche von dem gegenüberstehenden Winkel auf sie herabgelassen ist. So ist z. B. der Inhalt des Dreieckes ACB (Fig.

178) gleich dem halben Producte aus AB in CE. Hat daher AB = 5 Fuß, CE = 3 Fuß, so beträgt der Flächeninhalt $\frac{5 \times 3}{2} = 7\frac{1}{2}$ Quadratfuß.

29.

Jede geradlinige Figur läßt sich in Dreiecke eintheilen. Berechnet man den Flächeninhalt jedes einzelnen für sich, und addirt alle gefundenen Werthe, so erhält man den Flächeninhalt der ganzen Figur. Um daher den Flächeninhalt der Fig. 183 zu finden, ziehe man die Linien AF, FD, FC, FB, suche den Flächeninhalt der Dreiecke AFG, FDE, CFD, BFC, AFB, addire sie; so hat man den Flächeninhalt der ganzen Figur.

30.

Der Flächeninhalt eines Kreises wird gefunden, wenn man seinen Umfang mit dem halben Halbmesser multiplicirt. Beträgt z. B. der Durchmesser eines Kreises 25 Fuß, mithin sein Umfang $78\frac{1}{2}$ Fuß, und sein Halbmesser $12\frac{1}{2}$ Fuß; so ist sein Flächeninhalt gleich $78\frac{1}{2} \times 6\frac{1}{4} = 490\frac{5}{8}$ Quadratfuß.

31.

Dem Mittel, welches man ergreift, um Linien oder Flächen mit einander zu vergleichen, ist auch das ähnlich, wodurch man Körper mit einander vergleicht oder mißt. So wie man dort eine Linie oder eine Fläche als Einheit annahm, und untersuchte, wie oft sie in einer gegebenen Linie oder Fläche enthalten sey, eben so nimmt man hier einen Körper als Einheit an, und untersucht, wie oft ihn der zu messende Körper enthält. Als Einheit gilt ein Würfel, der eine Linie, einen Zoll, einen Fuß, eine Klafter hoch breit und dick ist. Er heißt im ersten Falle Kubiklinie, im zweiten Kubikzoll,

im dritten Kubikfuß, im vierten Kubikklafter. Vergleicht man dieſe Größen ſelbſt unter einander, ſo findet man daß eine Kubikklafter 216 Kubikfuß, ein Kubikfuß 1728 Kubikzoll, ein Kubikzoll 1728 Kubiklinien enthält.

32.

Denkt man ſich zwei gleiche Flächen, ABCDE und abcde, (Fig. 184) die mit geraden Linien begrenzt ſind, ſo geſtellt, daß ihre gleichliegenden Seiten mit einander parallel laufen, und an den gleichen Winkeln A und a B und b u. durch gerade Linien Aa Bb Cc Dd Ee mit einander verbunden, ſo ſchließen die Flächen einen Raum ein, den man Prisma nennt. Die Fläche abcde und ABCDE heißen die Grundflächen des Prisma, die anderen: BbCc, CcDd u. ſ. w. Seitenflächen. Jede Linie zwiſchen den Grundflächen, die auf einer derſelben ſenkrecht ſteht, heißt die Höhe des Prisma. Sind die Grundflächen und Seitenflächen Quadrate, ſo iſt das Prisma ein Würfel.

33.

Man findet den körperlichen Inhalt (Kubikinhalt), eines Prisma, wenn man die Grundfläche mit der Höhe multiplicirt. Hätte z. B. abcde 100 Quadratfuß, und die Höhe des Prisma 9 Fuß, ſo wäre der körperliche Inhalt 900 Kubikfuß.

34.

Ein Körper, der von zwei parallelen und gleichen Kreiſen begrenzt iſt, heißt Cylinder, wie Fig. 185. Jeder Kreis iſt wieder die Grundfläche (Baſis), und die zwiſchen beiden enthaltene ſenkrechte, die Höhe des Cylinders.

35.

Den körperlichen Inhalt eines Cylinders findet man,

wenn man seine Basis mit seiner Höhe multiplicirt. Hätte der Durchmesser der Basis AB 25 Fuß, so wäre ihr Flächeninhalt $490\frac{5}{8}$ Quadratfuß. Würde nun die Höhe zu 6 Fuß angenommen, so wäre $490\frac{5}{8} \times 6 = 2943\frac{3}{4}$ Kubikfuß der Kubikinhalt des Cylinders.

36.

Ein Körper ABCDE (Fig. 186), der begrenzt wird von einer geradlinigen Fläche ABCD, und von den Dreiecken AEB, AEC ꝛc., welche durch die Seiten der ABCD, und die von einem außer ihr liegenden Puncte E gezogenen Linien entstehen, heißt eine Pyramide. Die Fläche ABCD ist ihre Grundfläche, die von dem Puncte E auf sie senkrechte ihre Höhe.

37.

Man findet den Kubikinhalt einer Pyramide, wenn man von dem Producte aus der Grundfläche in ihre Höhe ein Drittel nimmt. Hat z. B. die Grundfläche 30 Quadratfuß, die Höhe 5 Fuß, so ist der Kubikinhalt $\frac{30 \times 5}{3} = 50$ Kubikfuß.

Ist die Pyramide abgestumpft wie Fig. 187, so denke man die Seiten AD, BE, CF, so weit verlängert, bis sie in G zusammen treffen, berechnet hierauf die ganze Pyramide ABCG und das angenommene Stück DEFG, ziehe letzteres von ersterem ab, und man erhält den Kubikinhalt des Stückes ABCFED.

38.

Ein Körper, der von einem Kreise AB (Fig. 188) und von krummen in einen Punct C convergirenden Flächen begrenzt wird, heißt ein Kegel. AB ist seine Basis, die von C auf AB senkrecht gezogene seine Höhe.

39.

Ein Kubikinhalt eines Kegels ist gleich einem Drittel von dem Producte der Basis in die Höhe.

Ist der Kegel abgestumpft wie Fig. 189, so denke man sich seine Seiten verlängert, bis sie einen vollen Kegel AEB geben. Berechnet man nun AEB und CED, zieht eines vom andern ab, so bleibt als Rest der Inhalt des Stückes ACDB.

40.

Wird ein Kegel so geschnitten, daß der Schnitt weder mit der Basis noch mit der durch den Mittelpunct des Kreises AB und durch E gezogenen Linie, noch mit einer Seite parallel lauft, so entsteht eine Fläche, die elliptische Fläche heißt. Der Umfang dieser Fläche ist eine Ellipse.

41.

Der körperliche Inhalt einer Kugel wird gefunden, wenn man ihren Halbmesser zum Kubus erhebt, und mit $\frac{3}{7}\frac{1}{5}\frac{4}{5}$ multiplicirt.

Die Oberfläche einer Kugel kann man finden, wenn man den Umfang eines Kreises, der mit ihrem Halbmesser beschrieben ist, mit seinem Durchmesser multiplicirt.

Die Oberfläche mit einem Drittel des Halbmessers multiplicirt, gibt eben so, wie das vorige Verfahren, den körperlichen Inhalt der Kugel.

42.

Alle übrigen Körper lassen sich als aus den bisher Betrachteten zusammengesetzt denken. Berechnet man daher nach den vorausgeschickten Regeln jedes einzelne Stück, so gibt die Summe der gefundenen Werthe den ganzen körperlichen Inhalt.

Tafel I.

Fallhöhe		Geschwindigkeit			Fallhöhe			Geschwindigkeit			Fallhöhe			Geschwindigkeit		
Zoll	Linien	Fuß	Zoll	Linien	Fuß	Zoll	Linien	Fuß	Zoll	Linien	Fuß	Zoll	Linien	Fuß	Zoll	Linien
—	3	1	1	5	—	8	9	6	7	4	1	5	3	9	3	4
—	6	1	6	11	—	9	—	6	8	6	1	5	6	9	4	3
—	9	1	11	3	—	9	3	6	9	7	1	5	9	9	5	4
1	—	2	2	10	—	9	6	6	10	8	1	6	0	9	6	0
1	3	2	6	0	—	9	9	6	11	9	1	6	3	9	6	11
1	6	2	8	10	—	10	—	7	0	10	1	6	6	9	7	5
1	9	2	11	5		10	3	7	1	11	1	6	9	9	8	2
2	—	3	1	11		10	6	7	2	11	1	7	0	9	9	0
2	3	3	4	3		10	9	7	3	11	1	7	3	9	9	9
2	6	3	6	5		11	—	7	5	0	1	7	6	9	10	6
2	9	3	8	6		11	3	7	6	0	1	7	9	9	11	3
3	—	3	10	6		11	6	7	7	0	1	8	0	10	0	0
3	3	4	0	4		11	9	7	8	0	1	8	3	10	0	11
3	6	4	2	2	1	0	0	7	8	11	1	8	6	10	1	5
3	9	4	3	11	1	0	3	7	9	11	1	8	9	10	2	2
4	—	4	5	8	1	0	6	7	10	11	1	9	0	10	2	11
4	3	4	7	4	1	0	9	7	11	8	1	9	3	10	3	8
4	6	4	8	11	1	1	0	8	0	9	1	9	6	10	4	5
4	9	4	10	6	1	1	3	8	1	7	1	9	9	10	5	1
5	—	5	—	—	1	1	6	8	2	7	1	0	0	10	5	10
5	3	5	1	6	1	1	9	8	3	6	1	10	3	10	6	6
5	6	5	2	11	1	2	0	8	4	5	1	10	6	10	7	3
5	9	5	4	4	1	2	3	8	6	2	1	10	9	10	8	0
6	—	5	6	0	1	2	6	8	6	5	1	11	0	10	8	8
6	3	5	7	1	1	2	9	8	6	9	1	11	3	10	9	4
6	6	5	8	5	1	3	0	8	7	11	1	11	6	10	10	1
6	9	5	9	4	1	3	3	8	8	9	1	11	9	10	10	9
7	—	5	10	11	1	3	6	8	9	8	2	10	0	10	11	5
7	3	6	0	3	1	3	9	8	11	0	2	0	6	11	0	10
7	6	6	1	7	1	4	0	8	11	4	2	1	0	11	2	2
7	9	6	2	8	1	4	3	8	11	7	2	1	6	11	3	6
8	—	6	3	11	1	4	6	9	1	0	2	2	0	11	4	10
8	3	6	5	1	1	4	9	9	1	3	2	2	6	11	6	1
8	6	6	6	3	1	5	0	9	2	6	2	3	0	11	7	5

Fallhöhe			Geschwindigkeit.			Fallhöhe			Geschwindigkeit			Fallhöhe			Geschwindigkeit		
Fuß	Zoll	Linien.	Fuß	Zoll	Linien	Fuß	Zoll	Linien	Fuß	Zoll	Linien	Fuß	Zoll	Linien	Fuß	Zoll	Linien
2	3	6	11	8	8	3	8	6	14	11	0	5	1	6	17	6	3
2	4	0	11	10	0	3	9	0	15	0	0	5	2	0	17	7	3
2	4	6	11	11	2	3	9	6	15	1	0	5	2	6	17	8	1
2	5	0	12	0	6	3	10	0	15	2	0	5	3	0	17	9	0
2	5	6	12	1	9	3	10	6	15	3	0	5	3	6	17	9	10
2	6	0	12	3	0	3	11	0	15	3	11	5	4	0	17	10	8
2	6	6	12	4	3	3	11	6	15	4	11	5	4	6	17	11	5
2	7	0	12	5	5	4	0	0	16	5	10	5	5	0	18	0	4
2	7	6	12	6	7	4	0	6	15	6	10	5	5	6	18	1	1
2	8	0	12	7	10	4	1	0	15	7	10	5	6	0	18	2	0
2	8	6	12	9	0	4	1	6	15	8	10	5	6	6	18	2	10
2	9	0	12	11	0	4	2	0	15	9	9	5	7	0	18	3	8
2	9	6	12	11	8	4	2	6	15	10	8	5	7	6	18	4	5
2	10	0	13	0	5	4	3	0	15	11	7	5	8	0	18	5	3
2	10	6	13	1	7	4	3	6	16	0	7	5	8	6	18	6	1
2	11	0	13	2	9	4	4	0	16	1	6	5	9	0	18	6	11
2	11	6	13	3	10	4	4	6	16	2	5	5	9	6	18	7	9
3	0	0	13	5	0	4	5	0	16	3	4	5	10	0	18	8	7
3	0	6	13	6	1	4	5	6	16	4	3	5	10	6	18	9	5
3	1	0	13	7	3	4	6	0	16	5	2	5	11	0	18	9	10
3	1	6	13	8	4	4	6	6	16	6	1	5	11	6	18	10	11
3	2	0	13	9	5	4	7	0	16	7	0	6	0	0	18	11	8
3	2	6	13	10	6	4	7	6	16	7	11	6	0	6	19	0	6
3	3	0	13	11	7	4	8	0	16	8	10	6	1	0	19	1	3
3	3	6	14	0	8	4	8	6	16	9	8	6	1	6	19	2	0
3	4	0	14	1	8	4	9	0	16	10	7	6	2	0	19	2	10
3	4	6	14	2	9	4	9	6	16	11	6	6	2	6	19	3	7
3	5	0	14	3	10	4	10	0	17	0	4	6	3	0	19	4	4
3	5	6	14	4	10	4	10	6	17	1	3	6	3	6	19	5	2
3	6	0	14	5	11	4	11	0	17	2	1	6	4	0	19	5	11
3	6	6	14	6	11	4	11	6	17	2	11	6	4	6	19	6	8
3	7	0	14	7	11	5	0	0	17	3	10	6	5	0	19	7	5
3	7	6	14	9	0	5	0	6	17	4	8	6	5	6	19	8	3
3	8	0	14	10	0	5	1	0	17	5	7	6	6	0	19	9	0

Fallhöhe			Geschwindigkeit			Fallhöhe			Geschwindigkeit			Fallhöhe			Geschwindigkeit		
Fuß	Zoll	Linien	Fuß	Zoll	Linien	Fuß	Zoll	Linien	Fuß	Zoll	Linien	Fuß	Zoll	Linien	Fuß	Zoll	Linien
6	6	6	19	2	9	7	11	6	21	10	3	9	4	6	23	8	7
6	7	0	19	5	6	8	0	0	21	10	11	9	5	0	23	9	3
6	7	6	19	11	3	8	0	6	21	11	7	9	5	6	23	9	10
6	8	0	20	0	0	8	1	0	22	0	3	9	6	0	23	10	6
6	8	6	20	0	9	8	1	6	22	0	11	9	6	6	23	11	1
6	9	0	20	1	6	8	2	0	22	1	8	9	7	0	23	11	9
6	9	6	20	2	3	8	2	6	22	2	4	9	7	6	24	0	4
6	10	0	20	3	0	8	3	0	22	3	0	9	8	0	24	1	0
6	10	6	20	3	9	8	3	6	22	3	8	9	8	6	24	1	9
6	11	0	20	4	5	8	4	0	22	4	4	9	9	0	24	2	5
6	11	6	20	5	2	8	4	6	22	5	0	9	9	6	24	2	10
7	0	0	20	5	11	8	5	0	22	5	8	9	10	0	24	3	6
7	0	6	20	6	8	8	5	6	22	6	4	9	10	6	24	4	1
7	1	0	20	7	5	8	6	0	22	7	0	9	11	0	24	4	8
7	1	6	20	8	1	8	6	6	22	7	8	9	11	6	24	5	4
7	2	0	20	8	10	8	7	0	22	8	4	10	0	0	24	5	11
7	2	6	20	9	7	8	7	6	22	9	0	10	0	6	24	6	6
7	3	0	20	10	3	8	8	0	22	9	8	10	1	0	24	7	2
7	3	6	20	11	0	8	8	6	22	10	4	10	1	6	24	7	9
7	4	0	20	11	9	8	9	0	22	10	11	10	2	0	24	8	5
7	4	6	21	0	5	8	9	6	22	11	7	10	2	6	24	9	0
7	5	0	21	1	2	8	10	0	23	0	3	10	3	0	24	9	7
7	5	6	21	1	10	8	10	6	23	0	11	10	3	6	24	10	2
7	6	0	21	2	9	8	11	0	23	1	7	10	4	0	24	10	9
7	6	6	21	3	5	8	11	6	23	2	2	10	4	6	24	11	5
7	7	0	21	4	0	9	0	0	23	2	10	10	5	0	25	0	0
7	7	6	21	4	8	9	0	6	23	3	6	10	5	6	25	0	7
7	8	0	21	5	4	9	1	0	23	4	2	10	6	0	25	1	2
7	8	6	21	6	1	9	1	6	23	4	9	10	6	6	25	1	9
7	9	0	21	6	9	9	2	0	23	5	5	10	7	0	25	2	5
7	9	6	21	7	6	9	2	6	23	6	1	10	7	6	25	3	0
7	10	0	21	8	2	9	3	0	23	6	8	10	8	0	25	3	7
7	10	6	21	8	10	9	3	6	23	7	4	10	8	6	25	4	2
7	11	0	21	9	6	9	4	0	23	8	0	10	9	0	25	4	9

Fallhöhe			Geschwindigkeit			Fallhöhe			Geschwindigkeit			Fallhöhe			Geschwindigkeit
Fuß	Zoll	Linien	Fuß	Zoll	Linien	Fuß	Zoll	Linien	Fuß	Zoll	Linien	Fuß	Zoll	Linien	Fuß
10	9	6	25	5	4	12	2	6	27	0	9	13	7	6	28
10	10	0	25	5	11	12	3	0	27	1	4	13	8	0	28
10	10	6	25	6	6	12	3	6	27	1	10	13	8	6	28
10	11	0	25	7	1	12	4	0	27	2	5	13	9	0	28
10	11	6	25	7	8	12	4	6	27	3	0	13	9	6	28
11	0	0	25	8	3	12	5	0	27	3	6	13	10	0	28
11	0	6	25	8	10	12	5	6	27	4	1	13	10	6	28
11	1	0	25	9	5	12	6	0	27	4	8	13	11	0	28
11	1	6	25	10	0	12	6	6	27	5	2	13	11	6	28
11	2	0	25	10	7	12	7	0	27	5	9	14	0	0	28
11	2	6	25	11	2	12	7	6	27	6	3	14	0	6	29
11	3	0	25	11	9	12	8	0	27	6	10	14	1	0	29
11	3	6	26	0	4	12	8	6	27	7	4	14	1	6	29
11	4	0	26	0	11	12	9	0	27	7	11	14	2	0	29
11	4	6	26	1	6	12	9	6	27	8	5	14	2	6	29
11	5	0	26	2	1	12	10	0	27	9	0	14	3	0	29
11	5	6	26	2	8	12	10	6	27	9	6	14	3	6	29
11	6	0	26	3	2	12	11	0	27	10	1	14	4	0	29
11	6	6	26	3	9	12	11	6	27	10	7	14	4	6	29
11	7	0	26	4	4	13	0	0	27	11	1	14	5	0	29
11	7	6	26	4	11	13	0	6	27	11	8	14	5	6	29
11	8	0	26	5	6	13	1	0	28	0	2	14	6	0	29
11	8	6	26	6	1	13	1	6	28	0	9	14	6	6	29
11	9	0	26	6	7	13	2	0	28	1	3	14	7	0	29
11	9	6	26	7	2	13	2	6	28	1	10	14	7	6	29
11	10	0	26	7	9	13	3	0	28	2	4	14	8	0	29
11	10	6	26	8	4	13	3	6	28	2	11	14	8	6	29
11	11	0	26	8	10	13	4	0	28	3	5	14	9	0	29
11	11	6	26	9	5	13	4	6	28	3	11	14	9	6	29
12	0	0	26	10	0	13	5	0	28	4	6	14	10	0	29
12	0	6	26	10	7	13	5	6	28	5	0	14	10	6	29
12	1	0	26	11	1	13	6	0	28	5	6	14	11	0	29
12	1	6	26	11	8	13	6	6	28	6	1	14	11	6	29
12	2	0	27	0	3	13	7	0	28	6	7	15	0	0	30

Tafel II.

Das specifische Gewicht einiger Körper.

A. Metalle.

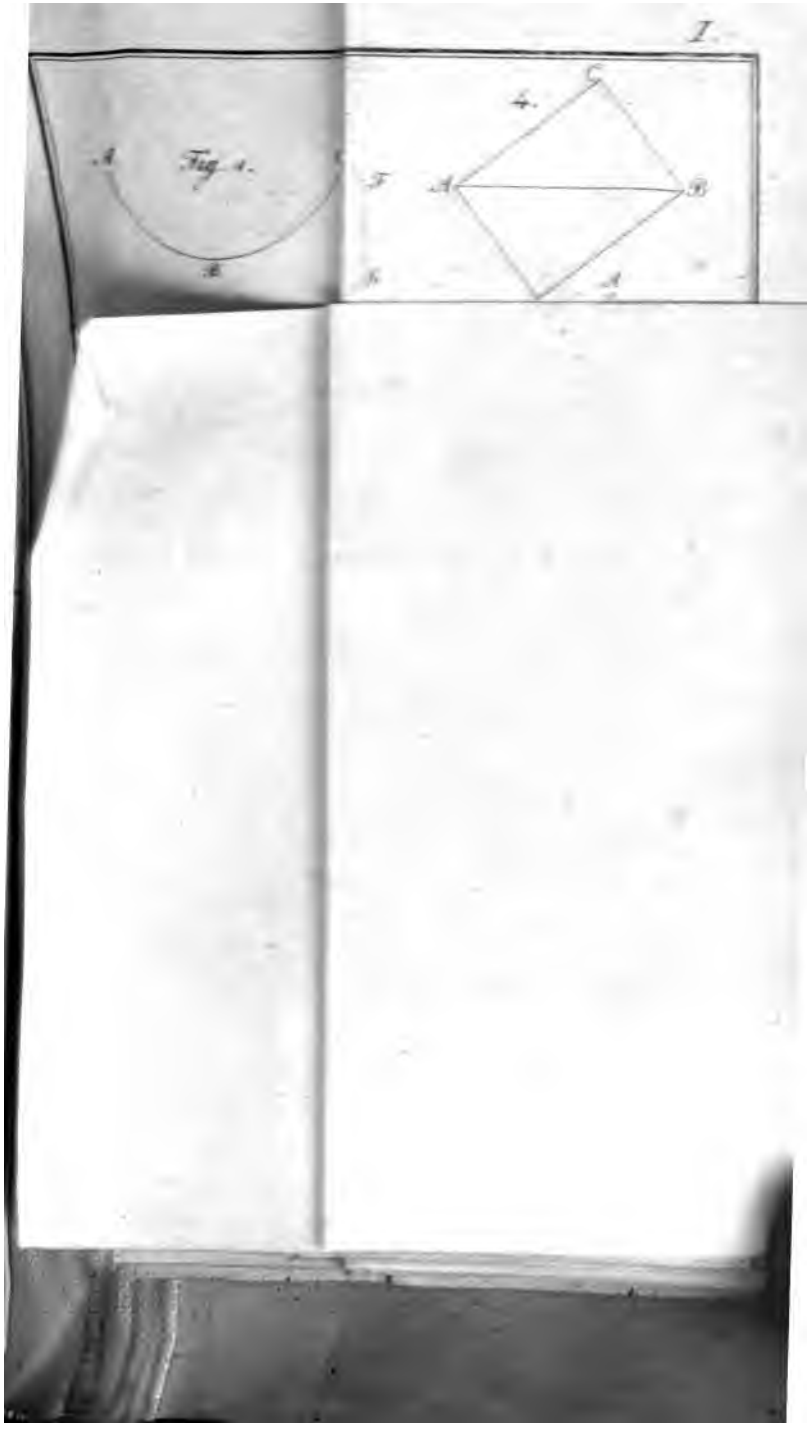
Benennung der Körper.	Specifisches Gewicht auf das Wasser bezogen.	Specifisches Gewicht eines Kubikfußes.
	$21\frac{3}{10}$	1203 Pf.
	$19\frac{3}{10}$	1091 "
	$11\frac{3}{10}$	638 "
	$10\frac{6}{10}$	598 "
th	$9\frac{8}{10}$	553 "
gehämmert	9	508 "
zu Draht gezogen	$8\frac{8}{10}$	452 "
egossen	$7\frac{3}{10}$	412 "
ehämmert	$7\frac{8}{10}$	441 "
	$7\frac{8}{10}$	441 "
deisen	$7\frac{7}{10}$	435 "
n	$7\frac{2}{10}$	406 "
hämmert	$7\frac{8}{10}$	441 "
gossen	$7\frac{2}{10}$	406 "

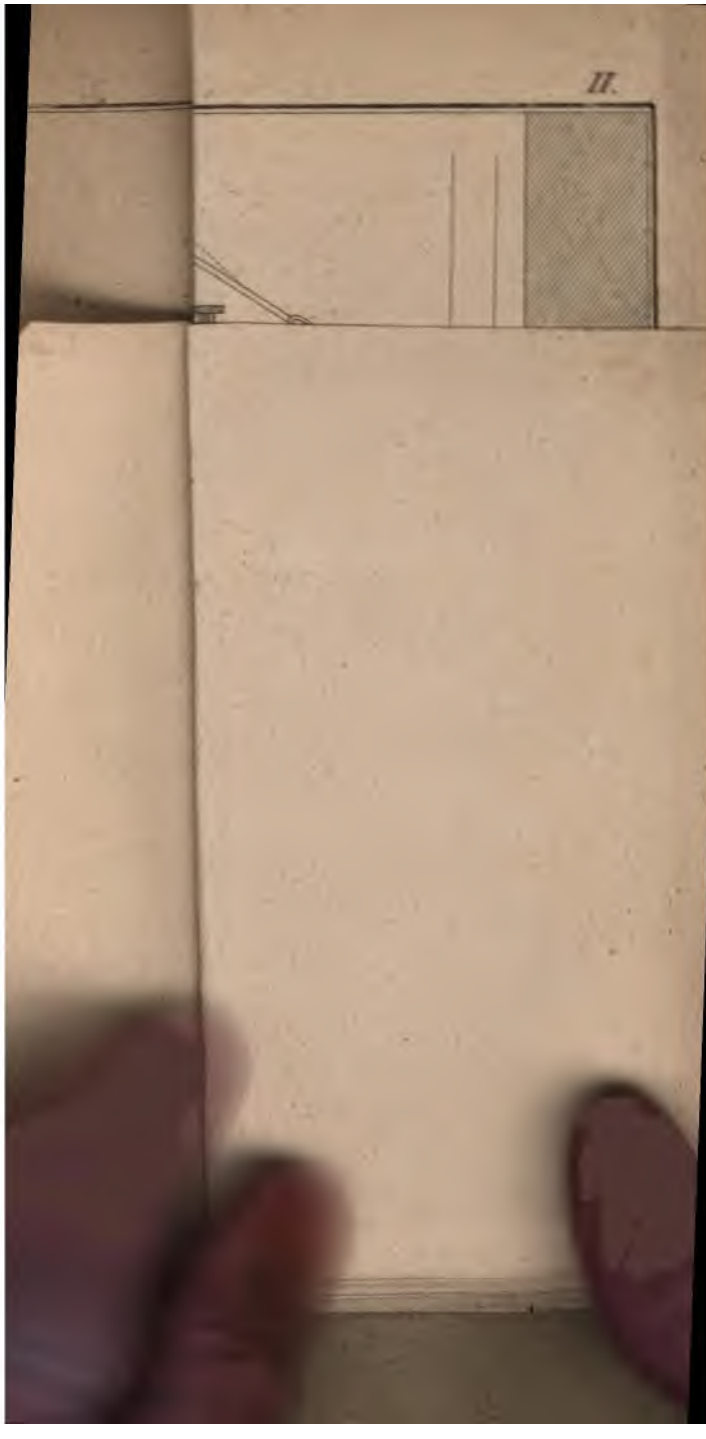
B. Holzarten.

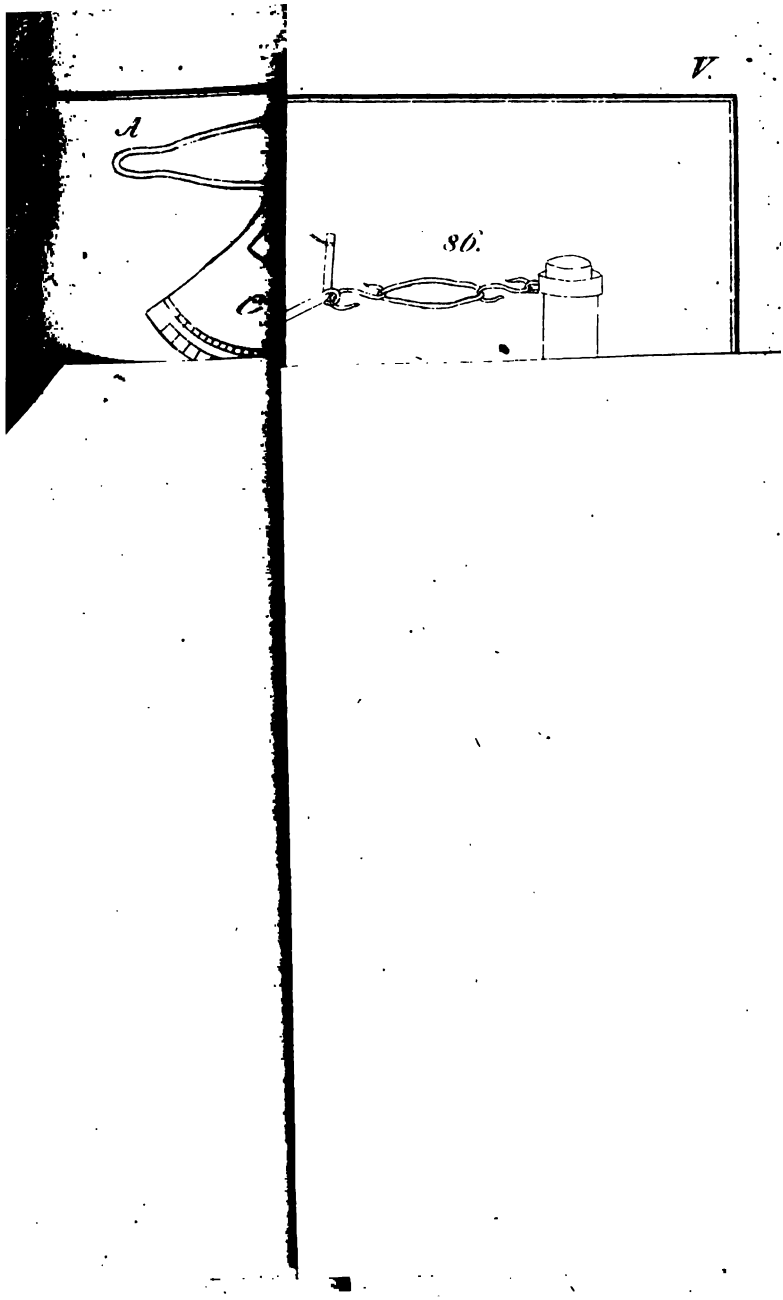
olz holländisch.	$1\frac{33}{100}$	57 Pf.
z	$1\frac{20}{100}$	$67\frac{3}{4}$ "
olz	$1\frac{17}{000}$	66 "
holz	$\frac{85}{100}$	48 "
enholz	$\frac{78}{100}$	44 "
lz	$\frac{67}{100}$	$37\frac{3}{4}$ "
umholz	$\frac{66}{100}$	$37\frac{1}{5}$ "
olz	$\frac{60}{100}$	34 "
holz	$\frac{55}{100}$	31 "
olz	$\frac{38}{100}$	$21\frac{1}{2}$ "
z	$\frac{24}{100}$	$13\frac{1}{2}$ "

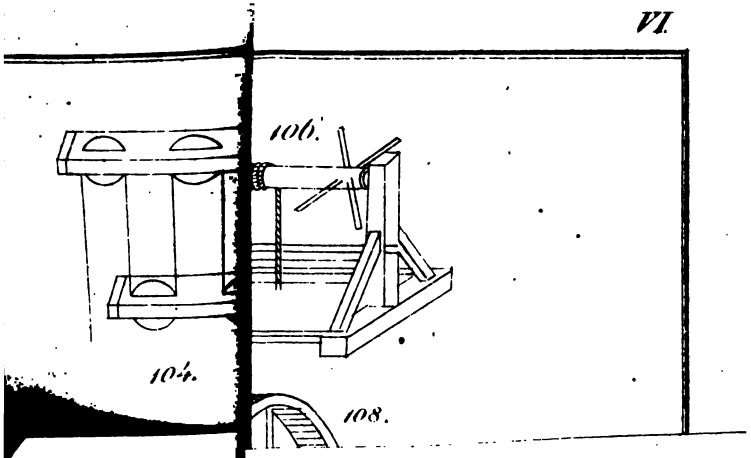
Wien, gedruckt bei Ferdinand U[illegible]

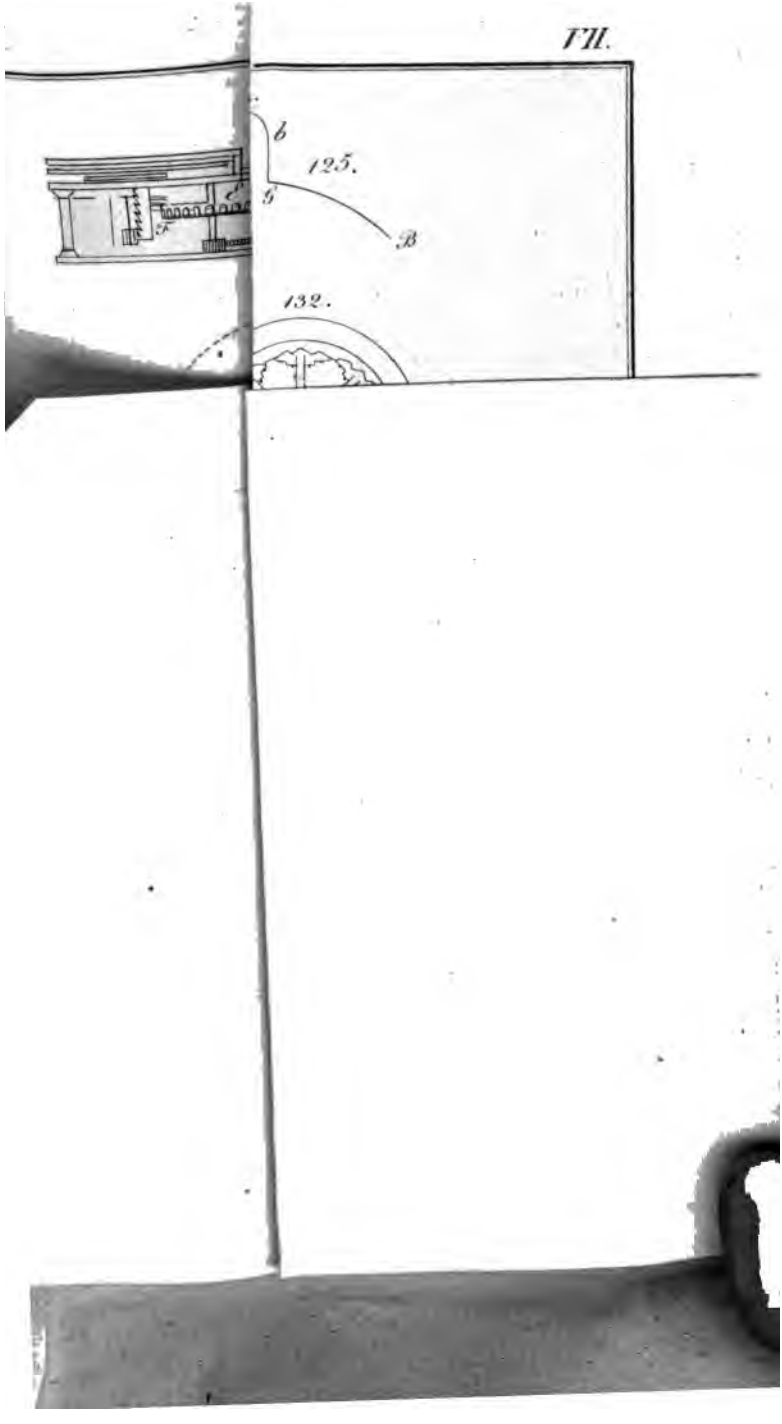
I.




II.


V.
A
86.


106.
104.
108.


VII.
b
125.
B
132.

im dritten Kubikfuß, im vierten Kubikklafter. Vergleicht man dieſe Größen ſelbſt unter einander, ſo findet man daß eine Kubikklafter 216 Kubikfuß, ein Kubikfuß 1728 Kubikzoll, ein Kubikzoll 1728 Kubiklinien enthält.

32.

Denkt man ſich zwei gleiche Flächen, ABCDE und abcde, (Fig. 184) die mit geraden Linien begrenzt ſind, ſo geſtellt, daß ihre gleichliegenden Seiten mit einander parallel laufen, und an den gleichen Winkeln A und a B und b ꝛc. durch gerade Linien Aa Bb Cc Dd Ee mit einander verbunden, ſo ſchließen die Flächen einen Raum ein, den man Prisma nennt. Die Fläche abcde und ABCDE heißen die Grundflächen des Prisma, die anderen: BbCc, CcDd u. ſ. w. Seitenflächen. Jede Linie zwiſchen den Grundflächen, die auf einer derſelben ſenkrecht ſteht, heißt die Höhe des Prisma. Sind die Grundflächen und Seitenflächen Quadrate, ſo iſt das Prisma ein Würfel.

33.

Man findet den körperlichen Inhalt (Kubikinhalt), eines Prisma, wenn man die Grundfläche mit der Höhe multiplicirt. Hätte z. B. abcde 100 Quadratfuß, und die Höhe des Prisma 9 Fuß, ſo wäre der körperliche Inhalt 900 Kubikfuß.

34.

Ein Körper, der von zwei parallelen und gleichen Kreiſen begrenzt iſt, heißt Cylinder, wie Fig. 185. Jeder Kreis iſt wieder die Grundfläche (Baſis), und die zwiſchen beiden enthaltene ſenkrechte, die Höhe des Cylinders.

35.

Den körperlichen Inhalt eines Cylinders findet man,

wenn man ſeine Baſis mit ſeiner Höhe multiplicirt. Hätte der Durchmeſſer der Baſis AB 25 Fuß, ſo wäre ihr Flächeninhalt 490⅝ Quadratfuß. Würde nun die Höhe zu 6 Fuß angenommen, ſo wäre $490\frac{5}{8} \times 6 = 2943\frac{3}{4}$ Kubikfuß der Kubikinhalt des Cylinders.

36.

Ein Körper ABCDE (Fig. 186), der begrenzt wird von einer geradlinigen Fläche ABCD, und von den Dreiecken AEB, AEC ꝛc., welche durch die Seiten der ABCD, und die von einem außer ihr liegenden Puncte E gezogenen Linien entſtehen, heißt eine Pyramide. Die Fläche ABCD iſt ihre Grundfläche, die von dem Puncte E auf ſie ſenkrechte ihre Höhe.

37.

Man findet den Kubikinhalt einer Pyramide, wenn man von dem Producte aus der Grundfläche in ihre Höhe ein Drittel nimmt. Hat z. B. die Grundfläche 30 Quadratfuß, die Höhe 5 Fuß, ſo iſt der Kubikinhalt $\frac{30 \times 5}{3} = 50$ Kubikfuß.

Iſt die Pyramide abgeſtumpft wie Fig. 187, ſo denke man die Seiten AD, BE, CF, ſo weit verlängert, bis ſie in G zuſammen treffen, berechnet hierauf die ganze Pyramide ABCG und das angenommene Stück DEFG, ziehe letzteres von erſterem ab, und man erhält den Kubikinhalt des Stückes ABCFED.

38.

Ein Körper, der von einem Kreiſe AB (Fig. 188) und von krummen in einen Punct C convergirenden Flächen begrenzt wird, heißt ein Kegel. AB iſt ſeine Baſis, die von C auf AB ſenkrecht gezogene ſeine Höhe.

39.

Ein Kubikinhalt eines Kegels ist gleich einem Drittel von dem Producte der Basis in die Höhe.

Ist der Kegel abgestumpft wie Fig. 189, so denke man sich seine Seiten verlängert, bis sie einen vollen Kegel AEB geben. Berechnet man nun AEB und CED, zieht eines vom andern ab, so bleibt als Rest der Inhalt des Stückes ACDB.

40.

Wird ein Kegel so geschnitten, daß der Schnitt weder mit der Basis noch mit der durch den Mittelpunct des Kreises AB und durch E gezogenen Linie, noch mit einer Seite parallel lauft, so entsteht eine Fläche, die elliptische Fläche heißt. Der Umfang dieser Fläche ist eine Ellipse.

41.

Der körperliche Inhalt einer Kugel wird gefunden, wenn man ihren Halbmesser zum Kubus erhebt, und mit $\frac{3}{7}\frac{1}{5}$ multiplicirt.

Die Oberfläche einer Kugel kann man finden, wenn man den Umfang eines Kreises, der mit ihrem Halbmesser beschrieben ist, mit seinem Durchmesser multiplicirt.

Die Oberfläche mit einem Drittel des Halbmessers multiplicirt, gibt eben so, wie das vorige Verfahren, den körperlichen Inhalt der Kugel.

42.

Alle übrigen Körper lassen sich als aus den bisher Betrachteten zusammengesetzt denken. Berechnet man daher nach den vorausgeschickten Regeln jedes einzelne Stück, so gibt die Summe der gefundenen Werthe den ganzen körperlichen Inhalt.

Tafel I.

Fallhöhe			Geschwindigkeit.			Fallhöhe			Geschwindigkeit			Fallhöhe			Geschwindigkeit		
Fuß	Zoll	Linien	Fuß	Zoll	Linien	Fuß	Zoll	Linien	Fuß	Zoll	Linien	Fuß	Zoll	Linien	Fuß	Zoll	Linien
—	—	3	1	1	5	—	8	9	6	7	4	1	5	3	9	3	4
—	—	6	1	6	11	—	9	—	6	8	6	1	5	6	9	4	3
—	—	9	1	11	3	—	9	3	6	9	7	1	5	9	9	5	4
—	1	—	2	2	10	—	9	6	6	10	8	1	6	0	9	6	0
—	1	3	2	6	0	—	9	9	6	11	9	1	6	3	9	6	11
—	1	6	2	8	10	—	10	—	7	0	10	1	6	6	9	7	5
—	1	9	2	11	5	—	10	3	7	1	11	1	6	9	9	8	2
—	2	—	3	1	11	—	10	6	7	2	11	1	7	0	9	9	0
—	2	3	3	4	3	—	10	9	7	3	11	1	7	3	9	9	9
—	2	6	3	6	5	—	11	—	7	5	0	1	7	6	9	10	6
—	2	9	3	8	6	—	11	3	7	6	0	1	7	9	9	11	3
—	3	—	3	10	6	—	11	6	7	7	0	1	8	0	10	0	0
—	3	3	4	0	4	—	11	9	7	8	0	1	8	3	10	0	11
—	3	6	4	2	2	1	0	0	7	8	11	1	8	6	10	1	5
—	3	9	4	3	11	1	0	3	7	9	11	1	8	9	10	2	2
—	4	—	4	5	8	1	0	6	7	10	11	1	9	0	10	2	11
—	4	3	4	7	4	1	0	9	7	11	8	1	9	3	10	3	8
—	4	6	4	8	11	1	1	0	8	0	9	1	9	6	10	4	5
—	4	9	4	10	6	1	1	3	8	1	7	1	9	9	10	5	1
—	5	—	5	—	—	1	1	6	8	2	7	1	0	0	10	5	10
—	5	3	5	1	6	1	1	9	8	3	6	1	10	3	10	6	6
—	5	6	5	2	11	1	2	0	8	4	5	1	10	6	10	7	3
—	5	9	5	4	4	1	2	3	8	6	2	1	10	9	10	8	0
—	6	—	5	6	0	1	2	6	8	6	5	1	11	0	10	8	8
—	6	3	5	7	1	1	2	9	8	6	9	1	11	3	10	9	4
—	6	6	5	8	5	1	3	0	8	7	11	1	11	6	10	10	1
—	6	9	5	9	4	1	3	3	8	8	9	1	11	9	10	10	9
—	7	—	5	10	11	1	3	6	8	9	8	2	10	0	10	11	5
—	7	3	6	0	3	1	3	9	8	11	0	2	0	6	11	0	10
—	7	6	6	1	7	1	4	0	8	11	4	2	1	0	11	2	2
—	7	9	6	2	8	1	4	3	8	11	7	2	1	6	11	3	6
—	8	—	6	3	11	1	4	6	9	1	0	2	2	0	11	4	10
—	8	3	6	5	1	1	4	9	9	1	3	2	2	6	11	6	1
—	8	6	6	6	3	1	5	0	9	2	6	2	3	0	11	7	5

Fallhöhe			Geschwindigkeit.			Fallhöhe			Geschwindigkeit			Fallhöhe			Geschwindigkeit		
Fuß	Zoll	Linien.	Fuß	Zoll	Linien	Fuß	Zoll	Linien	Fuß	Zoll	Linien	Fuß	Zoll	Linien	Fuß	Zoll	Linien
2	3	6	11	8	8	3	8	6	14	11	0	5	1	6	17	6	5
2	4	0	11	10	0	3	9	0	15	0	0	5	2	0	17	7	3
2	4	6	11	11	2	3	9	6	15	1	0	5	2	6	17	8	1
2	5	0	12	0	6	3	10	0	15	2	0	5	3	0	17	9	0
2	5	6	12	1	9	3	10	6	15	3	0	5	3	6	17	9	10
2	6	0	12	3	0	3	11	0	15	3	11	5	4	0	17	10	8
2	6	6	12	4	3	3	11	6	15	4	11	5	4	6	17	11	5
2	7	0	12	5	5	4	0	0	16	5	10	5	5	0	18	0	4
2	7	6	12	6	7	4	0	6	15	6	10	5	5	6	18	1	2
2	8	0	12	7	10	4	1	0	15	7	10	5	6	0	18	2	0
2	8	6	12	9	0	4	1	6	15	8	10	5	6	6	18	2	10
2	9	0	12	11	0	4	2	0	15	9	9	5	7	0	18	3	8
2	9	6	12	11	8	4	2	6	15	10	8	5	7	6	18	4	6
2	10	0	13	0	5	4	3	0	15	11	7	5	8	0	18	5	3
2	10	6	13	1	7	4	3	6	16	0	7	5	8	6	18	6	1
2	11	0	13	2	9	4	4	0	16	1	6	5	9	0	18	6	11
2	11	6	13	3	10	4	4	6	16	2	5	5	9	6	18	7	9
3	0	0	13	5	0	4	5	0	16	3	4	5	10	0	18	8	5
3	0	6	13	6	1	4	5	6	16	4	3	5	10	6	18	9	3
3	1	0	13	7	3	4	6	0	16	5	2	5	11	0	18	9	10
3	1	6	13	8	4	4	6	6	16	6	1	5	11	6	18	10	11
3	2	0	13	9	5	4	7	0	16	7	0	6	0	0	18	11	8
3	2	6	13	10	6	4	7	6	16	7	11	6	0	6	19	0	6
3	3	0	13	11	7	4	8	0	16	8	10	6	1	0	19	1	3
3	3	6	14	0	8	4	8	6	16	9	8	6	1	6	19	2	0
3	4	0	14	1	8	4	9	0	16	10	7	6	2	0	19	2	10
3	4	6	14	2	9	4	9	6	16	11	6	6	2	6	19	3	7
3	5	0	14	3	10	4	10	0	17	0	4	6	3	0	19	4	4
3	5	6	14	4	10	4	10	6	17	1	3	6	3	6	19	5	2
3	6	0	14	5	11	4	11	0	17	2	1	6	4	0	19	5	11
3	6	6	14	6	11	4	11	6	17	2	11	6	4	6	19	6	8
3	7	0	14	7	11	5	0	0	17	3	10	6	5	0	19	7	5
2	7	6	14	9	0	5	0	6	17	4	8	6	5	6	19	8	3
3	8	0	14	10	0	5	1	0	17	5	7	6	6	0	19	9	0

Fallhöhe			Geschwindigkeit			Fallhöhe			[illegible]			[illegible]			[illegible]		
Fuß	Zoll	Linien	Fuß	Zoll	Linien	Fuß	Zoll	Linien	Fuß	Zoll	Linien	Fuß	Zoll	Linien	Fuß	Zoll	Linien
6	6	6	19	2	9	[illegible]	12	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
6	7	0	19	5	6	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
6	7	6	19	11	3	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
6	8	0	20	0	0	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
6	8	6	20	0	9	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
6	9	0	20	1	6	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
6	9	6	20	2	3	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
6	10	0	20	3	0	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
6	10	6	20	3	9	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
6	11	0	20	4	3	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
6	11	6	20	5	2	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
7	0	0	20	5	11	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
7	0	6	20	6	8	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
7	1	0	20	7	5	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
7	1	6	20	8	1	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
7	2	0	20	8	10	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
7	2	6	20	9	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
7	3	0	20	10	3	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
7	3	6	20	11	0	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
7	4	0	20	11	9	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
7	4	6	21	0	5	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
7	5	0	21	1	2	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
7	5	6	21	1	10	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
7	6	0	21	2	9	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
7	6	6	21	3	3	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
7	7	0	21	4	0	9	0	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
7	7	6	21	4	8	9	0	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
7	8	0	21	5	4	9	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
7	8	6	21	6	1	9	1	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
7	9	0	21	6	9	9	2	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
7	9	6	21	7	6	9	2	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
7	10	0	21	8	2	9	3	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
7	10	6	21	8	10	9	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
7	11	0	21	9	6	9	4	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

Wien, gedruckt bei Ferdinand Ullrich.

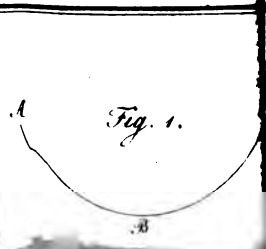
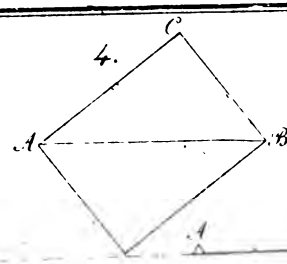


Fig. 1.



4.

THE NEW YORK PUBLIC LIBRARY
REFERENCE DEPARTMENT

This book is under no circumstances to be taken from the Building

Form 410

PATENT 2912